Eine einfache

LUFTPRÜFUNGS-METHODE

auf

KOHLENSÄURE

mit wissenschaftlicher Grundlage.

INAUGURAL-DISSERTATION

der

medicinischen Facultät zu Jena

zur Erlangung der

Doctorwürde in der Medicin

Chirurgie und Geburtshilfe

vorgelegt von

HCH. WOLPERT IN NÜRNBERG.

Mit mehreren eingedruckten Holzschnitt-Abbildungen und Tabellen, ausserdem einem Anhang von 16 Tabellen und 9 Tafeln Diagrammen, letztere theilweise in mehrfarbiger Lithographie.

Nürnberg, 1891.

W. TÜMMEL'S BUCH- UND KUNSTDRUCKEREI.

Genehmigt von der medicinischen Facultät zu Jena auf Antrag des Herrn Professor DR. GÄRTNER.

JENA, den 10. October 1891.

KUHNT
d. Zt. Dekan der med. Facultät.

Inhalt.

I. Theil.

Principien der Methode.

Seite

1. Princip im allgemeinen 3
2. Erklärung der Rothfärbung des Phenolphtaleïn durch die alkalische Reagenslösung 4
3. Thatsächliche Umsetzungs-Gleichungen 5
4. Schlüsse hieraus 6
5. Vereinfachte Umsetzungs-Gleichungen 8
6. Aequivalent-Gewichte 9
7. Einführung der Aequivalent-Gewichte in die vereinfachten Umsetzungs-Gleichungen 8
8. Resultat 10
9. Die ältere Chemie 10
10. Vergleichende Kritik der Principien verschiedener neuerer Methoden 12
11. Zusammenfassung 20

II. THEIL.

DER APPARAT UND EINFACHE LUFTPRÜFUNGEN AUF KOHLENSÄURE.

Seite

12. Bestandtheile des Apparates (mit Abbildung auf Seite 24) 23
13. Vornahme einer einfachen Luftprüfung auf Kohlensäure 23
14. Approximative Berücksichtigung von Temperatur und Luftdruck nach der „WOLPERT'schen Regel" . . . 26
15. Begründung dieser Regel 26
16. Exacte Berücksichtigung von Temperatur und Luftdruck mit Hülfe von WOLPERT's „Reductions-Tabellen" 27
17. Schema einer CO_2-Bestimmung. 27
18. Ueber die Beurtheilung der Ergebnisse von CO_2-Bestimmungen 28
19. Ueber Luftverbesserung (mit zwei Abbildungen) . . 32

III. Theil.

Die Reagenslösung.

Seite

20. Verschiedene officinelle Präparate 37
21. Recept zur Bereitung der Reagenslösung ($^1/_1$-Lösung) in der Apotheke 42
22. Wolpert's „Luftprüfungs-Kapseln", Gelatinekapseln mit genau dosirtem Inhalte von zeitlich unbeschränkter Verwendungsfähigkeit 42
23. Bereitung der $^1/_1$-Lösung direct; Bemerkungen über die Alkalität des Glases („Streichholz-Versuch" etc.) 43
24. Bereitung der $^1/_1$-Lösung indirect, mit Hülfe von $^{10}/_1$-Mutterlösung; Bereitung der $^1/_2$- und $^1/_3$-Lösung . . 44
25. „Relative Neutralisation" des destillirten Wassers auf chemischem Wege, nach Wolpert 44
26. Wolpert's Controlprobe des Titers alkalischer Reagenslösung („Verdünnungs-Probe") 45
27. „Regeneration" verdorbener Luftprüfungs-Lösung sowie des Abwassers, nach Wolpert; nebst graphischer Darstellung (hierher gehörig auch die doppelseitige Tabelle auf Seite 40 f.) 46
28. Erklärung des dabei statthabenden Vorganges . . . 48
29. Gleichungen und Folgerungen 48
30. Controlprobe des destillirten Wassers auf latente Alkalität, nach Wolpert („Kochprobe"). 50
31. Zusammenfassung 50

IV. THEIL.

LUFTPRÜFUNGEN AUF KOHLENSÄURE IN BESONDEREN FÄLLEN.

Seite

32. Sehr niedere CO_2-Gehalte 53
33. Tabellarische Uebersicht 54
34. Sehr hohe CO_2-Gehalte 57
35. CO_2-Bestimmung der Bodenluft, ferner der Luft in Weingährkellern, Eisfabriken sowie CO_2-Bestimmung des Leuchtgases; Lungenluft 58
36. Der Luftprüfer auch als Leuchtgas-„Prüfer“ 59
37. CO_2-Bestimmungen in verschiedener Zimmerhöhe; CO_2-Bestimmungen der Luft zwischen Haut und Bekleidungsstücken („Hautluft“) 61
38. Ein Verfahren, um mit Hülfe von zwei Apparaten die eigentliche CO_2-Bestimmung beliebig später auszuführen („Successive Luftüberfüllung“) 62
39. Ein Verfahren, um mit Hülfe von nur einem Apparat die eigentliche CO_2-Bestimmung beliebig später auszuführen („Primär ungenügende Luftzufuhr“); nebst Formel 63
40. Begründung dieser Formel; Sonderformeln; Erwägung von Cautelen 63

V. THEIL.

RESULTATE.

Seite

41. Beobachtungs-Resultate aus verschiedenen Ländern, im Freien und in geschlossenen Räumen (1888—1891). 69
42. Beobachtungs-Resultate aus Berlin 1890, im Freien, gleichzeitig aus den 9 Stadttheilen (nebst graphischer Darstellung) 74
43. Beobachtungs-Resultate im Vergleich mit Controlversuchen nach PETTENKOFER (Luft im Freien zu Nürnberg, Bayreutherstrasse, während des October 1890) 75
44. Schluss 76

VI. THEIL.

TABELLEN.

Ausführliche Inhalts-Angabe nebst Erläuterungen. . . . 81

VII. THEIL.

DIAGRAMME.

Ausführliche Inhalts-Angabe nebst Erläuterungen. . . . 103

I. THEIL.

PRINCIPIEN

DER

METHODE.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153320_0012

1. Die neue Luftprüfungsmethode auf CO_2*) beruht auf dem vollständig neuen Princip: die CO_2 eines successive vergrösserten Luftvolums, zur Neutralisation einer alkalischen Reagenslösung heranzuziehen. Diess geschieht durch Anwendung eines graduirten, möglichst gleichcalibrischen Glascylinders, in welchen man zu einer bestimmten Menge alkalischer Reagenslösung von bekanntem Titer, die mit einem Indicator gefärbt ist, bis zu dem Moment eintretenden Farbumschlags durch eine capillare Kolbenstange direct die Untersuchungsluft zutreten lässt. Man titrirt direct mit der Untersuchungsluft und technisch ermöglicht wird diese Titration mit Hülfe der hohlen, im Cylinder verschieblichen Kolbenstange.

Dass gleichzeitig in der Luft vorhandene gasförmige Carbolsäure (Phenol), welche thatsächlich in dieser Beziehung dieselben Wirkungen wie die Kohlensäure hat, bei CO_2-Prüfungen mittels Farbreaction in der Regel quantitativ keinen zu berücksichtigenden Einfluss auf das Resultat ausübt, auch wenn der Geruch danach ein sehr intensiver ist, habe ich 1887 experimentell nachgewiesen**). Eine Frage, auf einer zu Hannover 1886 abgehaltenen General-Versammlung des damaligen „Vereins für Gesundheits-

*) CO_2 ist bekanntlich der Maassstab für die Luftverschlechterung in bewohnten Räumen; die zuerst von PETTENKOFER aufgestellte CO_2-Norm, welche einen CO_2-Gehalt von 1‰ als den Grenzwerth guter Luft festsetzt, mehrfach ohne Angabe eines Ersatzes angefochten (RECLAM, WEISS u. a.), besteht heute noch zu Geltung, und erst jüngst wieder kommt UFFELMANN zu dem Schlusse: „Die Luft in Binnenräumen oberhalb des Souterrains, zeigt eine Harmonie in dem CO_2-Gehalte und dem Gehalte an organischer Substanz" („Archiv für Hygiene" Band VIII, Heft 2 und 3); dieser Schluss UFFELMANN's wird nicht beeinträchtigt durch die auf Veranlassung VON FODOR's ausgeführte Nachprüfung der damaligen UFFELMANN'schen Methode (NÉKÁM im „Archiv für Hygiene" Band XI, Heft 4; Referat BUCHNER's in FRAENKEL-ESMARCH's „Hygienische Rundschau" 1891, Nr. 8). FLÜGGE sagt in seinem Lehrbuche („Grundriss der Hygiene" Leipzig 1891, 2. Aufl. Seite 139): „Wohnungsluft von 1,0 bis 5,0‰ CO_2, erzeugt bei vielen Menschen Kopfschmerz, Schwindel, Uebelkeit, und bei dauerndem Aufenthalt in solcher Luft beobachtet man anaemische Symptome oder Disposition zu Lungenerkrankungen".

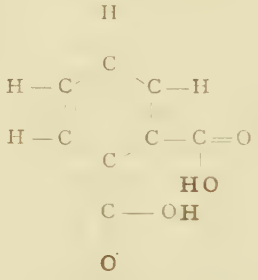
**) „Gesundheits-Ingenieur" 1887 (X. Jahrgang), Seite 483 bis 484: „Einfluss der Carbolsäure auf CO_2-Prüfungen mittels Farbreaction". Von HCH. WOLPERT.

technik“ (Vorstand: Professor RENK) von verschiedenen Seiten laut geworden, hatte die Anregung zu diesen Versuchen gegeben.

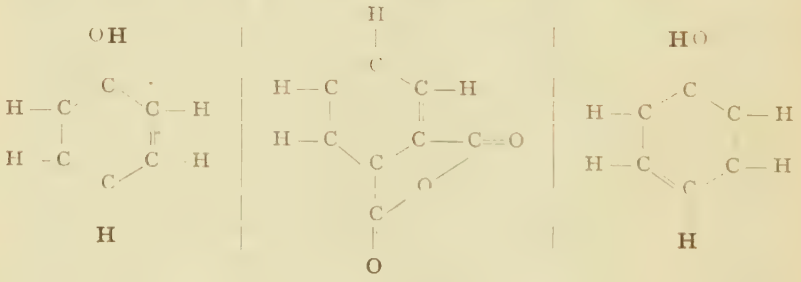
2. Als Titerflüssigkeiten bei der neuen Methode können Lösungen der verschiedensten alkalischen Präparate dienen; im allgemeinen verwende ich 2 ccm einer $^1/_{50}$-procentigen Lösung krystallisirter Soda ($Na_2CO_3 + 10H_2O$), unter Zusatz von Phenolphtalein $C_{20}H_{14}O_4$, also eine Lösung von rothem Natriummonophenolphtaleinat.

Die Rothfärbung des Phenolphtalein durch das Alkali, hat ihren Grund in dem Auftreten rother Phenolphtaleinate; das Phenolphtalein ist eine Säure. Ist nämlich (Structurformeln, um die Zusammensetzung klarer zu vergegenwärtigen; die empirische Formel $C_{20}H_{14}O_4$ ist 15 verschiedenen Verbindungen gemeinsam):

I. Phtalsäure

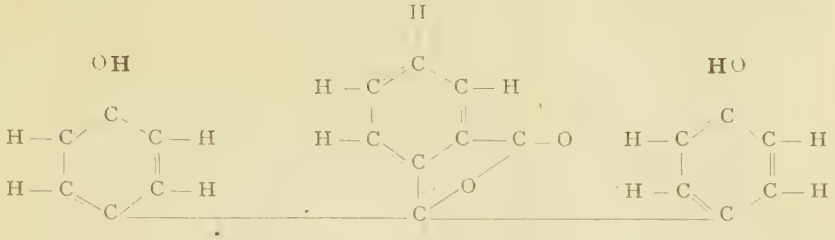


III. Phenol **II. Phtalsäure-Anhydrid** **III. Phenol**



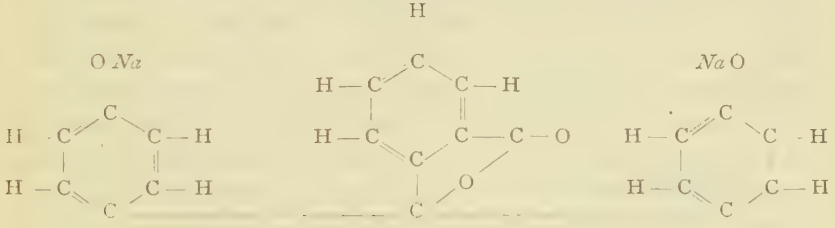
so ist, als Compensationsproduct von Phtalsäure mit Phenol, durch Erhitzung von Phtalsäureanhydrid mit Phenol und conc. Schwefelsäure darstellbar, wobei sich 1 Wasser abspaltet (zwei „einzelne“ **H** von den Phenolen, ein **O** vom Anhydrid):

IV. Phenolphtalein



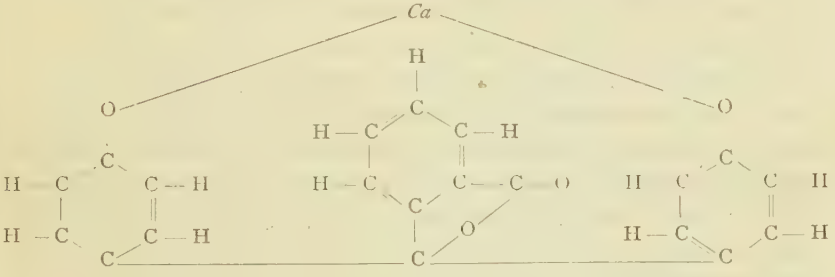
Bei Zusammenbringen von Soda mit Phenolphtalein bildet sich, durch Verdrängung beider Hydroxyl-Wasserstoffe, das sogen. neutrale (jedoch alkalisch reagirende), einfach phenolphtaleinsaure Natrium: das secundäre Salz

V. Natriummonophenolphtaleinat



Bei Verwendung von Kalkwasser (analog Baryumhydrat- und Strontiumhydrat-Lösung) würde sich bilden:

Va. Calciummonophenolphtaleinat



3. Bei CO_2-Zufuhr treten nun aus dem Natriummonophenolphtaleinat (die übrigen Monophenolphtaleinate zeigen analoge Verhältnisse) 2 Na wieder aus und Phenolphtalein wird zurück-

gebildet. Wir haben folgende beiden Hauptgleichungen, nach denen die chemischen Umsetzungen erfolgen:

1) $C_{20}H_{12}O_2 < {}^{OH}_{OH} + 2\,Na_2CO_3 =$
$C_{20}H_{12}O_2 < {}^{ONa}_{ONa} + 2\,NaHCO_3$

2) $C_{20}H_{12}O_2 < {}^{ONa}_{ONa} + 2\,NaHCO_3 + 2\,H_2O + 2\,CO_2 =$
$C_{20}H_{12}O_2 < {}^{OH}_{OH} + 2\,NaHCO_3 + 2\,NaHCO_3$

und für $Na_2CO_3 + 10\,H_2O$ nicht wesentlich anders

1a) $C_{20}H_{12}O_2 < {}^{OH}_{OH} + 2\,(Na_2CO_3 + 10\,H_2O) =$
$C_{20}H_{12}O_2 < {}^{ONa}_{ONa} + 2\,NaHCO_3 + 20\,H_2O$

2a) $C_{20}H_{12}O_2 < {}^{ONa}_{ONa} + 2\,NaHCO_3 + 20\,H_2O + 2\,CO_2 =$
$C_{20}H_{12}O_2 < {}^{OH}_{OH} + 2\,NaHCO_3 + 18\,H_2O + 2\,NaHCO_3$

4. Daraus ergiebt sich:

Erstens: Es beeinträchtigt der Zusatz von Phenolphtalein (Säure) **zu der alkalischen Reagenslösung** (Soda) **in keiner Weise das Endresultat.** Zwar ist das Phenolphtalein, so gut wie die Kohlensäure selber, eine zweibasische Säure: aber aus dem alkalischen Phenolphtaleinsalz bildet sich nach Kohlensäurezufuhr das „sämmtliche Phenolphtalein zurück".

Phenolphtalein ist ein Phenol, wie wir oben gesehen haben, und Phenole lösen sich wohl in secundären, alkalisch reagirenden Carbonaten (ein Theil derjenigen, welche die neuere Chemie insgesammt als „neutrale" bezeichnet) unter Salzbildung auf, nicht aber in neutral reagirenden Bicarbonaten. Natriumcarbonat färbt desshalb Phenolphtalein roth, oder auch umgekehrt; Natriumbicarbonat nicht. Phenolphtalein vermag also keine Kohlensäure auszutreiben, es vermag nur Natriumcarbonat in Bicarbonat zu verwandeln. Leitet man Kohlensäure in alkalische, rothe Phenolphtaleinlösung, so wird dieselbe entfärbt, indem sich alles Alkali in Bicarbonat verwandelt.

Zweitens: Es genügt theoretisch ein minimaler Zusatz von Phenolphtalein. Die Phenolphtaleintheilchen, welche aus dem Phenolphtaleinsalz durch Kohlensäurezufuhr zurückgebildet werden, bilden mit anderen Carbonattheilchen immer wieder neues rothes Phenolphtaleinsalz, bis alles Carbonat in Bicarbonat übergeführt ist. Bei Zusatz von gar zu wenig Phenolphtalein kann aber der Effect dem Auge entgehen.

Drittens: Es ist practisch am zweckmässigsten, nach Maassgabe des Procentsatzes, welcher durch die chemischen Aequivalente der Gleichung bezeichnet wird, Phe-

nolphtalein zuzugeben. Dadurch wird bereits das Maximum der Farbintensität, welches zweckmässig angestrebt wird, hergestellt; eine noch grössere Menge Phenolphtalein kann am Umsatze nicht theilnehmen, ist also Verschwendung, kann aber niemals schaden. — Nach Berechnung aus Gleichung 1a) wird das Maximum der Rothfärbung dann erreicht, wenn man zu der krystallisirten Soda $Na_2CO_3 + 10H_2O$, $\sim$ 55,55 Gewichtsprocente Phenolphtalein giebt*); ebensoviel Gewichts-Einheiten nach Gleichung 1) zu $\sim$ 37 Gewichtseinheiten siccum Na_2CO_3. Weniger Phenolphtalein geht in Bindung, wenn die alcoholige Lösung des Phenolphtalein oder das Lösungsmittel der Soda freie Säure enthalten, weil dadurch der Titer der Sodalösung geschwächt wird.

Letzterer Hauptsatz mit den daran geknüpften Ueberlegungen führt unschwer zu der interessanten, vielleicht practisch verwerthbaren Theorie einer eigenartigen Titrirmethode für Alkalien, auf Grundlage keiner weiteren Substanz als der Ursubstanz und des Indicators, also ohne eigentliche Titerflüssigkeit. (Zu vergleichen in dieser Beziehung die Versuche auf Seite 88, die Haltbarkeit selbst einer Titerflüssigkeit wie Oxalsäure-Lösung betreffend!) Um nämlich beispielsweise den Titer einer Sodalösung festzustellen, wäre, bis zur Erreichung des „Maximum der Farbintensität", nur Phenolphtaleinlösung, die ja unbeschränkte Zeit haltbar ist, zuzugeben; n Gewichtstheile Substanz seien dazu erforderlich. Dann gilt die Gleichung:

100 G.-Th. Soda : **55,55** G.-Th. Phenolphtalein =
x G.-Th. Soda : **n** G.-Th. Phenolpht.; $x = 100\,n : 55{,}55$.

Man würde nur mit sehr verdünnten Lösungen arbeiten.

Hier wichtiger als der zweite und dritte Hauptsatz ist der erste, nach welchem das Phenolphtalein, obwohl Säure, in Beziehung auf die Umsetzungsgleichungen erstens kein vorzeitiges Eintreten der Reaction verschuldet, weil sich die ganze Menge zurückbildet; auch zweitens kein nachzeitiges, da chemisch reines Natriumbicarbonat, wie die Bicarbonate oder sogenannten sauren kohlensauren Alkalien überhaupt, beim Phenolphtalein keine Rothfärbung bewirkt. (Auf letzteren Umstand wies zuerst WARDER hin im American

*) Grundlagen der Berechnung zu ersehen aus den angehängten Tabellen **13, 14, 15** (Seite 98).

Chemical Journal Band III, No. 1.) Der Farbumschlag beruht also darauf, dass alles Carbonat, welches in der Reagenslösung enthalten ist, durch Aufnahme von Kohlensäure in Bicarbonat übergeführt wird.

5. An Stelle der Gleichungen 1) und 2) zusammen, sowie 1a) und 2a) zusammen, kann daher zur Berechnung der Gewichtsverhältnisse, nach denen sich durch CO_2-Aufnahme die Umsetzung des Carbonat in Bicarbonat vollzieht, unter Ausserachtlassung des Phenolphtaleinzusatzes je eine einzige vereinfachte Gleichung treten:

3) $Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2\,NaHCO_3$

3a) $(Na_2CO_3 + 10\,H_2O) + CO_2 = 2\,NaHCO_3 + 9\,H_2O$.

In diese Gleichungen sind die entsprechenden Aequivalent-Gewichte einzuführen (siehe **6**, Seite 9).

7. Mit Einsetzung der Aequivalentgewichte lautet, bei Wahl von 1 Milligramm als Einheit, die Gleichung 3a):

142,715 mg $(Na_2CO_3 + 10\,H_2O)$ + 21,945 mg CO_2 =
83,840 mg $NaHCO_3$ + 80,820 mg H_2O

oder:

Kryst. Soda, mg 142,715 + Kohlensäure „ 21,945 = 83,840 mg dpltkohlens. Natron + 80,820 „ Wasser

mg 164,660 = 164,660 mg.

Da eine Rücksicht auf das analytische Product (hier doppeltkohlensaures Natron + Wasser) nicht erforderlich, so gilt:

142,715 mg $(Na_2CO_3 + 10\,H_2O)$ = entspr. 21,945 mg CO_2

1,0 mg $(Na_2CO_3 + 10\,H_2O)$ = entspr. 0,153768 mg CO_2,

und unter Berechnung, dass bei einer Luftprüfung 2 ccm Reagenslösung oder $^4/_{10}$ mg kryst. Soda Verwendung finden:

0,4 mg $(Na_2CO_3 + 10\,H_2O)$ = entspr. 0,0615072 **mg** CO_2.

Da man aber conventionell den CO_2-Gehalt der Luft in Volum-Verhältnissen anzugeben pflegt und 1 mg CO_2 bei normalem Wärmegrad und Luftdruck (0° C und 760 mm Hg) für die mittlere geographische Breite von 45° den Raum von 0,509 ccm einnimmt, so verändern sich die beiden letzten Gleichungen:

1,0 mg $(Na_2CO_3 + 10\,H_2O)$ = entspr. 0,07827912 **ccm** CO_2

0,4 „ „ = entspr. 0,03130716 ccm CO_2

= entspr. ∽ 0,03131 ccm CO_2.

6. Aequivalentgewichte.

I. Aequivalentgewicht einer Verbindung = volles Molekulargewicht:

1) wenn die Verbindung als Säure, nur 1 Aequivalent Wasserstoff enthält, der sich durch Metalle verdrängen lässt: Wasserstoffsäuren mit einwerthigem Metalloid.

2) wenn die Verbindung als Base, nur 1 Aequivalent Metall enthält, das den Wasserstoff in Säuren vertreten kann: Basen einwerthiger Metalle.

3) wenn die Verbindung als Salz, nur 1 Aequivalent Wasserstoffs der Säure, durch ein ebenwerthiges Elementmolekül sich ersetzen liess: Salze, bei deren Bildung durch ein einwerthiges Element entweder a) ein Wasserstoff einer Wasserstoffsäure, oder b) ein Hydroxylwasserstoff der (OH)-Gruppe einer Sauerstoffsäure ersetzt wurde; Aeq.-Gew. des Natriumbicarbonat $\mathbf{NaHCO_3} = Na + H + C + 3 \times O = 22{,}99 + 1 + 11{,}97 + 3 \times 15{,}96 = 83{,}84$.

II. Aequivalentgewicht einer Verbindung = $^1/_2$, $^1/_3$ u. s. w. des Molekulargewichts:

1) wenn die Verbindung als Säure, 2, 3 u. s. w. Aequivalente Wasserstoff enthält, die sich durch Metalle verdrängen lassen: a) Wasserstoffsäuren mit mehrwerthigem Metalloid, b) Sauerstoffsäuren, worunter auch Oxyde wie Kohlensäure $\mathbf{CO_2}$ gehörig, (die hypothetische Kohlensäure $H_2CO_3 = CO_2 + H_2O$, während CO_2 richtiger Kohlendioxyd hiesse): Aeq.-Gew. von $CO_2 = (C + 2 \times O) : 2 = (11{,}97 + 2 \times 15{,}96) : 2 = 43{,}89 : 2 = 21{,}945$; Wasser $\mathbf{H_2O} = (2H + O) : 2 = (2 + 15{,}96) : 2 = 8{,}98$.

2) wenn die Verbindung als Base, 2, 3 u. s. w. Aequivalente Metall enthält, die den Wasserstoff in Säuren vertreten können: Basen mehrwerthiger Metalle.

3) wenn die Verbindung als Salz, 2, 3 u. s. w. Aequivalente Wasserstoffs der Säure, durch ebenwerthige Elementmoleküle sich ersetzen liess: Salze, bei deren Bildung durch ebenwerthige Elemente entweder a) mindestens 2 Wasserstoffe einer Wasserstoffsäure, oder b) mindestens 2 Hydroxylwasserstoffe der (OH)-Gruppe einer Sauerstoffsäure ersetzt wurden; Aeq.-Gew. der kryst. Soda $\mathbf{Na_2CO_3 + 10\,H_2O} = [(2\,Na + C + 3 \times O) + (20\,H + 10 \times O)] : 2 = [(2 \times 22{,}99 + 11{,}97 + 3 \times 15{,}96) + (20 + 10 \times 15{,}96)] : 2 = 285{,}43 : 2 = 142{,}715$.

Ebenso ist das Aequivalentgewicht (zugleich das Molekulargewicht) nur eines einzelnen ein-werthigen Elements gleich dem vollen Atomgewicht; das Aequivalentgewicht eines II-, III- und mehr-werthigen Elements, bezogen auf H = 1, ist gleich $^1/_2$, $^1/_3$ und so fort des Atomgewichts. Beispiele:

Das Aequ.-Gew. des

H	als	I-w.	Elementes	= 1	O	als II-w. Elementes	= 15,96 : 2
Na	„	„	„	= 22,99 : 1	S	„ „ „	= 31,98 : 2
Ka	„	„	„	= 39,03 : 1	Mg	„ „ „	= 23,94 : 2
Li	„	„	„	= 7,01 : 1	P	als III-w. Elementes	= 30,96 : 3
Cl	„	„	„	= 35,37 : 1	N	„ „ „	= 14,01 : 3

u. s. f.

8. Aus der letzten Gleichung unter **7** ergiebt sich das Endresultat, dass zur Neutralisation von 2 ccm Reagenslösung, $^1/_{50}$-proc. Sodalösung, bei einer CO_2-Bestimmung

0,03131 ccm Kohlensäure

erforderlich sind (genauer 0,03130716 ccm Kohlensäure). Da hiernach der CO_2-Gehalt der Luft 0,03131 oder 31,31 Promille beträgt, wenn zur Neutralisation gerade 1 ccm Luft erforderlich war, umgekehrt der CO_2-Gehalt der Luft 1 Promille beträgt, wenn zur Neutralisation 31,31 ccm Luft erforderlich waren, ferner der zu berechnende CO_2-Gehalt in jedem Falle umgekehrt proportional ist dem Luftvolum, das zur Neutralisation der Reagenslösung benöthigt wurde, so: berechnet sich bei 2 ccm Reagenslösung, jeder gesuchte CO_2-Gehalt in ‰ dadurch, dass man mit der Ccm-Zahl des zur Neutralisation der Reagenslösung gebrauchten Luftvolums,

in 31,31 dividirt;

und jedes zu einem bestimmten CO_2-Gehalte in ‰, gesuchte Luftvolum in ccm dadurch, dass man mit diesem CO_2-Gehalte dieselbe Zahl dividirt.

9. Die Rechnungen nach der neueren Chemie sind vielen älteren Medicinern und Technikern nicht geläufig.

Nach der **älteren Chemie** lauten die entsprechenden Gleichungen 3) und 3a) (**5**, Seite 8):

3) $\dot{N}a\,\ddot{C} + \dot{H} + \ddot{C} = \dot{N}a\,\ddot{C}^2 + \dot{H}$

3a) $(\dot{N}a\,\ddot{C} + 10\,\dot{H}) + \ddot{C} = \dot{N}a\,\ddot{C}^2 + 10\,\dot{H}.$

In der älteren Chemie bedeutet nämlich*):

I. Eine horizontale Durchstreichung = „doppelt zu nehmen!“

II. Ein Punkt oberhalb = O, Sauerstoff.

[III. Ein Komma oberhalb = S, Schwefel.]

Beispiele: $\dot{H}$, $\acute{H}$; $\dot{C}$, $\ddot{C}$; $\dddot{N}$; $\ddot{S}$, $\dddot{S}$, $\dot{H}\ddot{S}$; $\dot{K}\ddot{\mathrm{Cl}}$, $\ddot{\mathrm{Cl}}$. Ferner:

Na_2CO_3 der heutigen Chemie = $NaCO^3$ (!) der älteren Chemie

= $NaO\,CO^2$ „ „ „

= $\dot{N}a\,\ddot{C}$;

*) In: „Die Chemie in technischer Beziehung. Von Friedrich Köhler. Sechste Auflage, Berlin, G. W. F. Müller, 1849; 6 u. 624 S.“, einem früher viel gebrauchten Lehrbuche (das einzige Lehrbuch der älteren Chemie, welches mir zur Verfügung steht), ist die Bedeutung der drei ersten dieser heute nicht mehr allgemein verständlichen Bezeichnungen, I—III, nirgends erläutert.

$(Na_2CO_3 + 10H_2O)$ d. heut. Chemie $= (NaCO^2 + 10H^2O)$ d. ält. Chemie
$= (NaO\,CO^2 + 10H^2O)$ „ „ „
$= (\dot{N}a\,\ddot{C} + 10\dot{H})$; „ „ „
$NaHCO_3$ der heutigen Chemie $= (NaO\,(CO^2)^2 + \dot{H})$ der älteren Chemie
$= (\dot{N}a\,\ddot{C}^2 + \dot{H})$ „ „ „

[IV. Bei Bezeichnung der organischen Säuren bediente man sich eines abgekürzten Zeichens, das in dem Anfangsbuchstaben des lateinischen Namens der Säure bestand, über den man ein Minuszeichen setzte „um den electro-negativen Character der Verbindung auszudrücken und Verwechslungen mit Grundstoffzeichen zu verhüten". So ist:

O = Sauerstoff, aber $\overline{O}$ = Oxalsäure
P = Phosphor, aber $\overline{P}$ = Phenolphtalein
$\dot{N}a\,\overline{P}$ = Natriummonophenolphtaleinat;

Phenolphtalein und Natriummonophenolphtaleinat waren jedoch der älteren Chemie noch unbekannt.]

V. Man bezog ferner in der älteren Chemie die „Mischungsgewichte" („MG.") nicht auf $H = 1$, sondern auf $O = 100$; es war demnach, nach Maassgabe der alten unrevidirten Zahlen:

$$\ddot{C} = \text{ſ}\ 275;\ \dot{H} = \text{ſ}\ 113$$
$$\dot{N}a\,\ddot{C} = \text{ſ}\ 665;\ (\dot{N}a\,\ddot{C} + 10\,\dot{H}) = \text{ſ}\ 1790$$
$$(\dot{N}a\,\ddot{C}^2 + \dot{H}) = \text{ſ}\ 1053.$$

Die **Resultate** aus Rechnung nach dem älteren System sind **die gleichen**; denn bereits mit Benützung der alten Zahlen gilt:

$$\frac{\text{ſ}\ 1790\ \text{mg}\ (\dot{N}a\,\ddot{C} + 10\dot{H})}{\text{ſ}\ 275\ \text{mg}\ \ddot{C}} =$$

$$\frac{142{,}715\,\text{mg}\,(Na_2CO_3 + 10H_2O}{21{,}945\,\text{mg}\,CO_2}\ (\text{s. S. 8}) = \frac{0{,}4\,\text{mg}\,(Na_2CO_3 + 10H_2O)}{0{,}03131\ \text{ccm}\ CO_2}.$$

Werden statt der alten Zahlen ſ 1790 und ſ 275, die von LOTH. MEYER und K. SEUBERT (Leipzig 1883) revidirten Werthe hier ebenfalls, wie oben bei den Berechnungen nach dem neueren System zu Grunde gelegt, so ist hier wie dort, bei der älteren und der neueren Chemie, die Uebereinstimmung eine vollkommene, bis in die letzten Decimalen gehende.

Die Formeln der älteren und neueren Chemie sind zwar an sich ausserordentlich verschieden, manche wenigstens, sie correspondiren jedoch gleichwohl im Zusammenhalt ihrer

Umsatzgleichungen. Eine scheinbare Verschiedenheit wie: Na_2CO_3 der heutigen Chemie = $NaCO_3$ der älteren Chemie, erklärt sich sehr einfach damit, dass das betreffende Symbol, hier Na, früher (wo man von Einwerthigkeit und Vielwerthigkeit in der jetzigen Weise noch nicht sprach) genau den doppelten Zahlenwerth bedeutete.

Also: Auch bei Rechnung nach der älteren Chemie kommt man zu dem Schlusse, das für Neutralisation von 2 ccm $^1/_{50}$-procentiger Sodalösung 0,03131 ccm Kohlensäure erforderlich sind.

10. Die neue Methode der CO_2-Bestimmung ist zeitlich die erste nicht-empirische nach der PETTENKOFER'schen; die erste, die ebenfalls auf Rechnung nach chemischen Umsetzungsgleichungen sich aufbaut.

Nach der LUNGE-ZECKENDORF'schen, wie auch der ROSENTHAL'schen Absorptions-Methode*) kann ein genauer Beobachter die Zimmerluft hinreichend genau auf ihren CO_2-Gehalt prüfen, aber sehr genaue Resultate nicht mit Sicherheit erhalten, weil es an einer exacten wissenschaftlichen Grundlage für die Berechnung fehlt. Man weiss nicht, wie viel CO_2 aus der durch den Apparat getriebenen Luft von der Reagenslösung absorbirt wird. Aus der dem ROSENTHAL'schen Apparate beigegebenen Tabelle lässt sich die Annahme einer Absorption von $\frac{22}{30}$ gleichheitlich bei allen CO_2-Gehalten herausrechnen; es ist aber wahrscheinlich, dass CO_2-arme Luft beim gleichmässigen Aspiriren, in derselben Zeiteinheit, ihre CO_2 nach einem geringeren Procentsatze in Bindung giebt als CO_2-reiche Luft, und sicher, dass verschiedene Umstände und Manipulationsweisen auf die Grösse der Absorptionsmenge Einfluss haben. Wenn man beim ROSENTHAL'schen Apparat das Röhrchen, durch welches die Luft in das Reagensglas eingesaugt wird, auf den Boden aufsetzt, so kommt es sehr darauf an, wie fest das zufällig geschicht; je fester man aufsetzt, desto mehr wird absorbirt. Zu festes Aufsetzen bezahlt man leicht

*) Der ROSENTHAL'sche Appararat ist übrigens unhandlich, meterhoch, und kostet — für das Gebotene freilich ein sehr mässiger Preis — in tragbarem Holzkasten 32 Mark. Versuche auf Reisen wie die S. 69 f. aufgeführten, auch Platz-Versuche wie auf S. 71 f. (Berlin), sind mit einem solchen Apparat, der sich sehr für Vorlesungs-Versuche eignen mag, offenbar ein Ding der Unmöglichkeit.

mit Bruch des Cylinders (was mir passirte), oder damit, dass ein Stückchen der Röhrchenmündung absplittert und so sich diese erweitert, worauf dann wieder weniger absorbirt wird, da die aufsteigenden Luftblasen wieder grösser werden. Principiell kommt es hierbei vor allem darauf an, nicht dass möglichst viel oder möglichst alle CO_2 absorbirt werde, sondern dass verschiedene Beobachter mit verschiedenen Exemplaren des Apparats in Luft von gleichem CO_2-Gehalt sämmtlich genau die gleiche Absorption erreichen, für welche die Tabelle gilt.

Bei Vergleichung zweier von Hennig in Erlangen bezogener ROSENTHAL'scher Original-Apparate erhielt ich durch verschiedene Regulirung des Luftdurchtritts parallele Resultate wie:

0,16 und 0,30 ‰ CO_2
0,6 „ 1,1 „ „
3,0 „ 6,0 „ „ ;

es ist leider nicht ausgeschlossen, dass verschiedene Beobachter derartig verschiedene Resultate erhalten werden, wenn der eine, im Glauben, dass der einmal in Gang gesetzte Apparat „selbstthätig" fungire, die Angaben der Gebrauchsanweisung nicht genau berücksichtigt und mit Klemmschraube überhaupt nicht regulirt, vielleicht auch noch das Röhrchen nicht recht fest aufsetzt (man erhält dann viel zu niedere CO_2-Gehalte), der andere aber möglichste Verlangsamung des Luftdurchtritts anstrebt (man erhält dann etwas zu hohe CO_2-Gehalte). Der nicht exacte Beobachter erhält also nach der ROSENTHAL'schen Methode leicht **viel zu wenig CO_2**.

Man beachte somit stricte in dieser Hinsicht die Vorschriften auf Seite 3 der Gebrauchsanweisung und versäume vor allem nicht, wozu man um schneller fertig zu werden neigt, die den Luftdurchtritt verzögernde Klemmschraube einzufügen und, den Luftdurchtritt überwachend, nach Maassgabe der wechselnden Druckhöhe damit zu reguliren; man wird dann derartig verschiedene Resultate mit 2 Apparten nicht erhalten.

Ebenfalls, aber in viel geringerem Grade, wird die Genauigkeit der ROSENTHAL'schen Methode dadurch vermindert, dass auf die Luftverdünnung im Messcylinder keine Rücksicht genommen, durchweg ein scheinbarer Luftverbrauch statt des wirklichen abgelesen wird. In der Berechnung der Tabelle ist offenbar ausgegangen von $2 \times 500 = 1000$ ccm als schein-

barem, für den wirklichen eingesetztem Luftverbrauch, für welchen der CO_2-Gehalt mit 0,3 ‰ angegeben ist; statt von 970 ccm als dem wirklichen Luftverbrauch, welcher nach Maassgabe der wirksamen Wassersäulenhöhe berechnet, oder auch anschaulich durch Ausgleich der Luftverdünnung gefunden wird, indem man nach Schluss des Haupthahns die Flasche so weit hebt, dass die Wasserspiegel in dieser und im Messcylinder in gleicher Höhe stehen. Die wirksame Luftverdünnung ist veränderlich, und zwar, bei den in meinem Besitze befindlichen beiden Apparaten, innerhalb der Ablesungen 50 und 500 ccm entsprechend saugenden Wassersäulen von 70 bis 30 ccm Höhe, oder 0,07 bis 0,03 Atmosphäre, und veränderlich ist folglich auch das Verhältniss des scheinbaren Luftverbrauchs zum wirklichen. Desshalb kann bei der Rechnung mit dem scheinbaren Luftverbrauch der Dividend kein constanter sein.

Es ist also richtiger, man dividirt nicht mit dem scheinbaren Luftverbrauch in **300** (Dividend der Gebrauchsanweisung), sondern mit dem wirklichen durch Ausgleich der Luftverdünnung, d. h. Hebung der Flasche erhaltenen in **291**, welche Zahl sich berechnet aus:

$$\frac{300}{1000} = \frac{x}{970};$$

da 291 ja Dividend, nicht etwa Divisor, so bleibt die Ausrechnung ebenso einfach. Bei einem Luftverbrauch von mehr als 500 ccm darf der Ausgleich für die erste Füllung nicht übersehen werden; man lässt zu diesem Zwecke bis 515 auslaufen und zieht nur 500 in Rechnung.

Beispielsweise reducirt sich eine Ablesung:

54 auf 50 ccm,
107 „ 100 ccm.

$\frac{300}{107}$ ist nun nicht gleich $= \frac{291}{100}$

$\frac{300}{54}$ ist nicht gleich $= \frac{291}{50}$;

aber:

$$\frac{300}{107} = 2{,}8\text{ ‰}, \quad \frac{291}{100} = 2{,}9\text{ ‰}$$

$$\frac{300}{54} = 5{,}6\text{ ‰}, \quad \frac{291}{50} = 5{,}8\text{ ‰};$$

diese Ungenauigkeit ist also mehr theoretisch von Interesse,

und wäre es schwierig sie auszuschalten, so würde gewiss nichts daran gelegen sein sie beizubehalten; sie veranlasst im allgemeinen den Befund von **etwas zu wenig CO_2**.

Es mag hier noch beigefügt werden, dass die Beurtheilung der Farbreaction sehr bequem und scharf mittels eines unter den Reagenscylinder schräg angebrachten (oder unter denselben schräg hingehaltenen) kleinen Spiegels geschehen kann, da sich die Röthung sämmtlicher oberhalb gelagerter röthender Theilchen auf dem Spiegelbilde des Cylinder-Bodens projicirt.

Die Hauptsache also: 1) Es ist bei der Einrichtung des ROSENTHAL'schen Apparates kaum mit Zuthun von Hand, „selbstthätig" sicher nicht möglich, einen „ganz gleichmässigen" Luftstrom (wie vorgeschrieben) aspiriren zu lassen, sodass beispielsweise ccm 0—50 in derselben Zeiteinheit wie ccm 250—300 oder 450—500 eintreten; von einer Zeitangabe ist in der Gebrauchsanweisung nicht die Rede. 2) Es ist wahrscheinlich, dass bei Aspiration eines „ganz gleichmässigen" Luftstromes CO_2-arme Luft in der gleichen Zeiteinheit einen geringeren Procentsatz CO_2 abgiebt als CO_2-reiche, dass somit bei einer Aspirationsmethode die einzelnen CO_2-Gehalte aus einem empirisch festgestellten Diagramm (oder einer danach angefertigten Tabelle) zu entnehmen wären.

Einen ROSENTHAL'schen Apparat mit Berücksichtigung dieser Erwägungen und mit der Modification, dass ich ein sehr enges Capillarrohr bis auf bestimmte Entfernung vom Boden in das Reagensglas einführte, habe ich mir bereits im Sommer 1887 selber angefertigt und im December 1887 drei Stück bei einem Glasbläser bestellt; die Publication der ROSENTHAL'schen Methode datirt aus dem Jahre 1890, diejenige der LUNGE-ZECKENDORF'schen*), von welcher Rosenthal ausgeht, vom Sommer 1888. Ich publicirte nichts darüber, weil mich die Resultate nicht befriedigten und ich mehr und mehr zu der Ueberzeugung gedrängt wurde, dass eine Aspirationsmethode überhaupt nicht unter allen Umständen brauchbare Resultate liefere, sollte der Apparat nicht noch umfangreicher und die Handhabung nicht noch umständlicher werden.

*) „Zeitschrift für angewandte Chemie" 1888, Seite 395—399: „Neue Methode zur Bestimmung des CO_2-Gehaltes der Luft für hygienische Zwecke". Von G. LUNGE und A. ZECKENDORF.

So entstand schliesslich die in Rede stehende (vom 12. Januar 1888 ab patentirte) neue Methode auf Grundlage vollständiger CO_2-Absorption, eine directe Lufttitration, bei welcher mir für eine CO_2-Bestimmung erster Grundsatz war: vor vollständiger Beendigung der CO_2-Bestimmung niemals und unter keinen Bedingungen Luft austreten zu lassen (um anderer Luft Platz zu schaffen), selbst wenn dieselbe aller Wahrscheinlichkeit nach bereits ihre sämmtliche CO_2 in Bindung gegeben hätte. Gegensatz: das LUNGE-ZECKENDORF'sche Verfahren, bei welchem, um anderer Luft Platz zu schaffen, Luft ausgetrieben wird, die noch CO_2 besitzt, in einem Falle mehr im anderen weniger, in jedem Falle aber eine unbestimmte Menge.

Nicht unerwähnt mag bleiben, dass zeitlich nach mir sowohl LUNGE-ZECKENDORF, als ROSENTHAL, als neuerdings BITTER zur Reagenslösung Soda verwenden. BITTER's Methode ist eine Abänderung des bekannten NIENSTÄDT-BALLO'schen Verfahrens, welches mit Lösungen von geheim gehaltener Zusammensetzung arbeitet; auf Grund eines das Resultat im allgemeinen um 15 Procente beeinflussenden Rechenfehlers erhielt BITTER*) sehr genaue Uebereinstimmung bei Vergleichsversuchen mit einer von ihm für einwandfrei erachteten Controlmethode, indem er als das Molekulargewicht für Na_2CO_3 die Zahl **90** in Rechnung brachte an Stelle der Zahl **106**.

BITTER rechnet nämlich (l. c. pag. 36) nach einem unrichtigen Ansatze:

$$\frac{\mathbf{90}\ Na_2CO_3}{44\ CO_2} = \frac{x_1\ Na_2CO_3}{x_2\ CO_2}$$

statt:

$$\frac{\mathbf{106}\ Na_2CO_3}{44\ CO_2} = \frac{x_1\ Na_2CO_3}{x_2\ CO_2}$$

oder auch statt:

$$\frac{\mathbf{106}\ Na_2CO_3}{x_1\ \ ,,} = \frac{44\ CO_2}{x_2\ \ ,,}$$

*) „Zeitschrift für Hygiene" IX. Band, 1890, Seite 1—39: „Ueber Methoden zur Bestimmung des CO_2-Gehaltes der Luft". „Aus dem hygienischen Institut der Universität Breslau". Von Dr. H. BITTER, Assistenten am hygienischen Institut zu Breslau.

Die unrichtige Zahl **90** wurde möglicherweise nach folgendem Ansatze erhalten:

$$\begin{aligned} Na_2 &= 46 \\ CO_2 &= 44 \\ \hline \text{Summe} &= \mathbf{90}; \end{aligned}$$

während die richtige Zahl **106** aus dem folgenden Ansatze sich ergiebt:

$$\begin{aligned} Na_2 &= 46 \\ CO_2 &= 44 \\ O &= 16 \\ \hline Na_2CO_3 &= \mathbf{106}. \end{aligned}$$

BITTER hat also muthmasslich vergessen, ein $O = 16$ zu addiren. Er erhält durch unrichtige Rechnung **zuviel CO_2** und zwar in allen Fällen, in denen nicht weitere Rechenfehler vorliegen, im Verhältniss von 15 Procenten des Werthes, denn:

$$90 : 106 = 85 : 100 = (100-15) : 100.$$

Infolge noch anderer Rechenfehler, die leider sämmtlich nach der gleichen Seite hin ausschlagen, erhält BITTER nicht 15 sondern 42 (!) Procente zuviel CO_2 in einem speciellen Falle, den er als „Beispiel" vorführt, „welches die Art der Berechnung verdeutlichen wird" und in dem er schliesslich „eine Menge CO_2" findet, „wie sie auch bei einer gleichzeitig mit der Controlmethode ausgeführten Bestimmung fast genau ebenfalls gefunden wurde" (BITTER l. c. pg. 36). Diese meine Behauptung werde ich deutlich begründen können durch näheres Eingehen auf die betreffende, wörtlich und im Zusammenhange wiedergegebene Berechnungsweise.

BITTER sagt zuvörderst, welche Angaben man nicht controliren kann: 1) dass 25 ccm der Sodalösung titrirt 10,125 mg Na_2CO_3 ergaben; 2) dass das (constante) Luftvolum 480 ccm betrug; 3) dass bis zum definitiven Rothbleiben „gerade 10 ccm Sodalösung" zugesetzt werden mussten (zu 50 ccm Wasser in der Versuchsflasche).

BITTER fährt dann fort, diese letzteren 10 ccm Sodalösung betreffend:

(1) „Dieselben enthielten:

$$\frac{25}{10} \times 10{,}125 =$$

4,09 mg Na_2CO_3."

Soll heissen:

(1) Dieselben enthielten also:

$$\frac{10}{25} \times 10{,}125 =$$

4,05 mg Na_2CO_3.

BITTER fährt fort:	**Soll heissen:**
(2) „Da jedes Molecül Na_2CO_3 zur Verwandlung in $NaHCO_3$ eines Molecüls CO_2 bedarf, so entsprechen die 4,09 mg Na_2CO_3 nach dem Ansatze $\frac{90}{44} = \frac{x}{2}$ genau **2** mg CO_2.“	(2) Da jedes Molecül Na_2CO_3 zur Verwandlung in $NaHCO_3$ eines Molecüls CO_2 bedarf, so entsprechen die 4,05 mg Na_2CO_3 nach dem Ansatze $\frac{106}{44} = \frac{x_1}{x_2} = \frac{4{,}05}{x_2}$ fast genau **1,68** mg CO_2.“
(3) „Es waren also in 480 ccm Luft enthalten **2** mg CO_2.“	(3) Es waren also in 480 ccm Luft enthalten **1,68** mg CO_2.
(4) „Da die Temperatur 15° und der Barometerstand 766 mm betrug, so müssen diese **2** mg, um sie in ccm zu verwandeln, durch **1,8** (mit Vernachlässigung der weiteren Decimalstellen) dividirt werden. (Vgl. DIETRICH's Tabellen für die Gewichte eines Cubikcentimeters Kohlensäure. Zeitschrift für anal. Chemie. Bd. IV. S. 142.)“	(4) Da die Temperatur 15° und der Barometerstand 766 mm betrug, so müssen diese **1,68** mg, um sie in ccm zu verwandeln, durch **1,9** (unter Abrundung der Decimalstellen) dividirt werden. Genauer Divisor wäre 1,86220. (Nach den alten Tabellen DIETRICH's von 1865 hätte man früher als genauen Divisor 1,84786 oder rund 1,8 eingesetzt.)
(5) „Danach sind 2 mg CO_2 = 1,111 ccm.“	(5) Danach sind 1,68 mg CO_2 = **0,884** ccm.
(6) „Es hat nun noch die pro mille-Berechnung zu erfolgen: $\frac{1000}{480} \times 1{,}111 = x$; $x = 2{,}619$.“	(6) Es hat nun noch die pro mille-Berechnung zu erfolgen: $\frac{1000}{480} \times 0{,}884 = x$; $x = 1{,}842$ (NB. $\frac{1000}{480} \times 1{,}111$ ist überdiess = 2,315 nicht = 2,619).

BITTER schliesst:

(7) „Es waren also in 1000 Volumtheilen der untersuchten Luft **2,619** Volumtheile CO_2 enthalten,"

„eine Menge, wie sie auch bei einer gleichzeitig mit der Controlmethode ausgeführten Bestimmung fast genau ebenfalls gefunden wurde."

Soll heissen:

(7) Es waren also in 1000 Volumtheilen der untersuchten Luft **1,842** Volumtheile CO_2 enthalten,

„eine Menge, wie sie **auch** bei einer gleichzeitig mit der Controlmethode ausgeführten Bestimmung fast genau ebenfalls gefunden wurde?"

Nach dem Ansatze:

$$2{,}619 : 1{,}842 = y : 100$$

woraus:

$$y = 142,$$

ergiebt sich also, dass BITTER hier in diesem speciellen „Beispiel" **zweiundvierzig** Procente zu viel CO_2 bekommt, während er selbst l. c. pg. 34 eine andere Methode (die LUNGE-ZECKENDORF'sche) als nur „vielleicht" brauchbar bezeichnet, für die er l. c. pg. 26 eine mittlere Abweichung von kaum **fünf** (!) Procenten feststellt.

Voreilig wäre es, aus diesem Resultate die Unbrauchbarbarkeit der BITTER'schen Methode folgern zu wollen. Objective Fehler (vgl. unten S. 56) können mit unterlaufen sein, indem vielleicht an einer anderen Stelle des Zimmers, oder an derselben Stelle zu anderer Zeit (einige Minuten später oder früher), für die Controlmethode zufällig eine um ca. $42-15 = 27$ Procente des Werthes kohlensäure-reichere Luftprobe entnommen wurde. Die hohen CO_2-Gehalte erzeugte BITTER nämlich durch Gasflammen, worauf „mittels einer grossen Papptafel die Luft gleichmässig durchgemischt wurde". Es wurde in diesem Falle vielleicht zufällig nicht gleichmässig durchgemischt; gleichmässige Durchmischung ist überhaupt nicht leicht zu erreichen.

Zur Erklärung des Restes von $42 - 27 = 15$ Procenten, sowie der überhaupt 15 Procente betragenden Abweichung der anderen Versuche (falls dort, worüber die Controle fehlt, im übrigen richtiger gerechnet wurde), könnte dienen, dass vielleicht die BITTER'sche **Control**-Methode mit Strontiumhydrat, für welche BITTER eine „weit höhere Genauigkeit als die des PETTENKOFER'schen Verfahrens" in Anspruch

nimmt bei „mindestens ebenso einfacher Handhabung“, um ca. 15 Procente zu hohe Werthe ergebe; denn BITTER erhielt beim Arbeiten auf Grundlage aequivalenter (?) Mengen seines Strontiumhydrat und seines Baryumhydrat (von gleicher chemischer Reinheit?), für Strontiumhydrat um 16,5 Procente im Mittel höhere CO_2-Werthe, welche Zahl sich aus den Versuchen l. c. pg. 20 (p. m. CO_2 [0,940 + 0,963] : [0,851 + 0,782] = y : 100) herausrechnen lässt.

Wenn nun, von diesem Gesichtspunkte aus, die eigentliche BITTER'sche Methode an sich nicht mit Nothwendigkeit ungenau ist, so ist doch zum mindesten ihre richtige Handhabung in der angegebenen Ausführungsweise durch Verschiedenes, insbesondere durch unzweckmässige für diese Methode zu grosse Constructions-Verhältnisse (vgl. unten, im IV. Theil, S. 58), ausserordentlich erschwert.

Wie NIENSTÄDT-BALLO, so arbeitet auch SCHAFFER mit Lösungen von geheim gehaltenem Titer, giebt aber allerdings die Grundsubstanz an (er verwendet in bestimmtem Grade verdünntes Kalkwasser); bei dieser Methode sind die CO_2-Resultate sehr abhängig von der relativen Feuchtigkeit und der Luftbewegung im Untersuchungsraum und dieselbe hat daher noch weniger eine wissenschaftliche Grundlage als die meisten übrigen.

11. Zusammenfassung. Die neue vereinfachte Methode beruht auf einer zuverlässigeren Grundlage als die bisherigen vereinfachten Methoden, weil diese Grundlage eine rationelle und wissenschaftliche ist. Der Hauptvortheil dieser nichtempirischen Grundlage besteht bei Erhalt der Resultate in unbedingter Klarheit über das Wie? und Warum?

II. THEIL.

DER APPARAT

UND

EINFACHE LUFTPRÜFUNGEN

AUF

KOHLENSÄURE.

12. Wesentliche Bestandtheile des Apparates sind, wie umstehende Abbildung in wirklicher Grösse veranschaulicht:

1) Ein **Reagenscylinder** von 50 ccm, auf welchen: erstens eine Ccm-Scale, halbe ccm bis 50; zweitens eine CO_2-Scale, 0,7 bis 4,0 ‰ (über niedrigere und höhere CO_2-Gehalte und deren Bestimmung Näheres im IV. Theil, unter **32**—**35** Seite 53 bis 59); drittens eine entsprechende Luftreinheits-Scala aufgravirt ist.

2) In dem Reagenscylinder beliebig verschiebbar und aus demselben herausnehmbar, ein **Kolben** mit hohler Führungsstange, die durch ein zugehöriges Gummikäppchen geschlossen werden kann. Die Führungsstange ist am oberen Ende matt abgeschliffen, entsprechend einem, hauptsächlich der besseren Handhabe wegen, in das Verschlusskäppchen eingesteckten Glasstäbchen, das am unteren Ende matt abgeschliffen ist.

Die gläserne Kolbenstange kann vollständig, bis oben in einer Metallhülse stecken; diese Metallhülse kann überdiess, nach Art des Saugpumpenkolbens beim künstlichen Blutegel („Sangsue artificielle") von HEURTELOUP*), mit einem Gewinde versehen und zu bequemerer exacter Verschiebung mittels einer Flügelschraube eingerichtet sein. Die Metalltheile bestehen zweckmässig aus Aluminium.

13. Um unter gewöhnlichen Verhältnissen eine Kohlensäure-Bestimmung vorzubereiten, füllt man von der „empirischen"**) Normal-Reagenslösung, durch Phenolphtalein gerötheter $^1/_{50}$-procentiger Lösung krystallisirter Soda (über die zweckmässigste Bereitung Näheres im III. Theil, unter **24** Seite 44), mit einer Pipette 2 ccm in den Reagenscylinder über.

Nie soll man mit dem Munde die, allerdings nicht giftige Reagenslösung in die Pipette einsaugen. Man füllt die Pipette, indem man ein Stück Gummischlauch daransteckt und sie bis zur Marke in die Reagenslösung eintaucht; dann presst

*) „Handbuch der kleinen Chirurgie für practische Aerzte, von Dr. G. WOLZENDORFF, Stabsarzt a. D. in Wiesbaden, zweite Auflage 1889 (Wien und Leipzig)" Seite 493; Abbildung No. 467a.

) „Normal"-Sodalösung κατ' ἐξοχήν, normal im System, ist eine Sodalösung 142,715 : 1000,0. Ebenso ist bei PETTENKOFER aus äusseren, practischen Erwägungen als Normal-Oxalsäure-Lösung eine „empirische" Oxalsäure-Lösung gewählt, 2,864 : 1000,0; „Normal"-Oxalsäurelösung κατ' ἐξοχήν, normal im System, ist eine Oxalsäurelösung 62,85 : 1000,0. (Vgl. Tab. **14 Seite 98).

man den Schlauch zwischen Daumen und Zeigefinger zusammen, hebt heraus und lässt in den Reagenscylinder auslaufen, in den man den letzten Tropfen noch auspresst. Kann man die Pipette nicht gut ohne Umstände bis zur Marke einführen, so fülle man durch aufsteigendes Zusammenpressen des Schlauchs abwechselnd zwischen Zeigefinger und Daumen der einen und dann der andern Hand.

Für sehr genaue Beobachtungen nehme man statt der Vollpipette lieber eine MOHR'sche, in Hundertstel ccm graduirte Messpipette mit 2 Endmarken, über die MOHR selber sagt*): „Man liest Hundertstel direct ab und kann Tausendstel schätzen. Sie hat eine sehr feine Spitze, damit Theile von Tropfen abgestrichen werden können." Die beiden Endpunkte solcher MOHR'scher Pipetten (auch von Büretten) pflegen immer exact bestimmt zu sein, wenn schon die mittlere Theilung bei nicht ganz cylindrischen Röhren zuweilen controlbedürftig erscheinen mag**).

Nach Einfüllung der Reagenslösung wird der Kolben in den Cylinder eingeführt und bis auf die Flüssigkeit hinuntergestossen, wodurch man sämmtliche im Cylinder befindliche Luft austreibt.

Die eigentliche Luftprüfung, die nun damit auch in einem anderen Raume ausgeführt werden kann, geschieht folgendermaassen: Man zieht den Kolben, unter jedes-

*) „FRIEDRICH MOHR's Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode" neu bearbeitet von Professor Dr. ALEXANDER CLASSEN in Aachen, sechste Auflage 1886 (Braunschweig), Seite 38.

**) Vgl. meine: „Wissenschaftliche Erläuterungen und theoretische Begründung einer neuen Luftprüfungsmethode auf Kohlensäure" Nürnberg 1889, Seite 15.

mal folgendem, immer wenigstens 1 Minute dauerndem Schütteln des Cylinders, langsam in die Höhe und zwar absatzweise so lange auf einen immer höheren der fünf Luftreinheits-Grade („Aeusserst schlecht" u. s. w.), bis die Reagenslösung vollständig farblos geworden ist. Wenn die Reagenslösung im Cylinder bereits eine blasse Färbung angenommen hat und auf fortgesetztes Schütteln (bei viel CO_2 höchstens 2 mal 1 Min., bei atmosphärischer CO_2 höchstens 3 mal 1 Min., mehr zwecklos! Man schüttelt am bequemsten abwechselnd rechts, dann links!) nur nicht vollständig farblos werden will, so gebe man schliesslich nicht mehr als einzelne $^1/_1$ oder $^1/_2$ ccm zu und ziehe nicht mit einem Male beispielsweise von „Aeusserst schlecht" gleich auf „Sehr schlecht". Bei voraussichtlich „guter" Luft dagegen wird man gleich von vornherein auf eine höhere Marke, etwa „Noch zulässig" einstellen.

Gegen Schluss einer Untersuchung, bei bereits blasser Lösung, muss man vor einer neuen Einstellung nicht nur länger, 2—3 mal je 1 Minute, sondern auch kräftig schütteln; zu Anfang ist Beides nicht erforderlich, da keine Luft verloren geht. Unter „kräftigem" Schütteln sei verstanden, so zu schütteln, dass die Reagenslösung schaumig wird. Dass es zwecklos ist, länger als 2—3 Minuten kräftig zu schütteln, habe ich durch Versuche festgestellt.

Nach Eintritt der Farbreaction liest man den Luftreinheits-Grad direct auf dem Cylinder ab und berechnet sich den CO_2-Gehalt, falls genauer als am Cylinder ablesbar gewünscht, durch Division der Ccm-Zahl gebrauchter Luft in 31,31 (genauerer Dividend = 31,30716). Für die Zeit des Umschüttelns wird jedesmal das Käppchen auf die Kolbenstange aufgestülpt.

Die Wirkung sehr CO_2-haltiger Zimmerluft auf die rothe Reagenslösung kann man demonstrativ nachahmen, wenn man, während der Kolben vor dem Umschütteln auf „Aeusserst schlecht" gezogen wird, auf dessen oberes Ende haucht oder hauchen lässt.

Bei Verwendung des Apparates speziell zu CO_2-Analysen ist es zweckmässig, denselben wenigstens in 2 Exemplaren zu benutzen, mit deren einem man, die Analyse überstürzend, schnell den angenäherten CO_2-Gehalt feststellt, um nachher sofort ohne weiteres den Kolben des anderen Cylinders bis einige wenige Theilstriche unter die erhaltene Marke empor-

zuführen und von da ab vorsichtig zu Werke zu gehen. Dass man die beim überstürzten Resultat markirte Ccm-Zahl höchstens erreichen wird, weiss man im voraus. Um Zeit zu sparen ist es, ganz besonders in CO_2-armer Luft, vortheilhaft von vornherein auf verschiedene, am besten mit Rücksicht auf Thermometer und Barometer schon zuvor calculirte CO_2-Gehalte (S. 54 f.) verschiedene Cylinder einzustellen.

14. Bei den exacten CO_2-Bestimmungen darf natürlich niemals die Berücksichtigung von Temperatur und Barometerstand fehlen. Auch sonst, im allgemeinen, ist es zweckmässig diese beiden wichtigen Factoren wenigstens in angenäherte Berechnung zu ziehen und dafür sei bezüglich Wohnungsluft folgende **Regel** gegeben:

Man addire zu dem, ohne Berücksichtigung von Temperatur und Luftdruck, gefundenen Kohlensäure-Gehalte 10 Procent des Resultats in allen Fällen, in denen man diese beiden Factoren nicht genauer berücksichtigt.

15. Begründung dieser Regel. Man hat in Wohnungsluft fast immer, freiwillig oder unfreiwillig, eine Temperatur von 18—20°; in schlechter Wohnungsluft, überfüllten Concertsälen u. s. w., also an Orten wo hygienische Luftanalysen vorzugsweise am Platze sind, für gewöhnlich sogar eine bedeutend höhere Temperatur. RIETSCHEL*) brachte ja kürzlich in Anregung, ob nicht vielleicht in der Temperaturzunahme solcher Luft durch die darin sich aufhaltenden Menschen, ein besserer Maassstab als der CO_2-Maassstab gefunden werden könne. Inrechnungstellung einer Temperatur von 20° allein, verursacht bereits eine Erhöhung des gefundenen CO_2-Werthes um **7 Procent.** Nun haben weitaus die meisten bewohnten Orte naturgemäss einen tieferen mittleren Barometerstand als 760 mm Hg und sogar am Meeresspiegel ist es nicht geradezu unmöglich, dass ein Minimum von 735 mm eintritt, für welches der CO_2-Werth sich um **weitere 3 Procent** erhöht. Daher kommt man dem wirklichen CO_2-Werthe zweifellos beinahe in allen Fällen mindestens „näher", wenn man ganz schematisch auf Rechnung von Temperatur und Luftdruck jeden für Wohnungsluft gefundenen CO_2-Werth um **10 Procent** erhöht.

*) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege, 22. Band, Heft II, 1890: „Ueber die Bestimmung und die Grenzen des Luftwechsels in geschlossenen, von Menschen benutzten Räumen." Von Prof. H. RIETSCHEL (Berlin).

16. Um für die exacten Bestimmungen die zeitraubende Arbeit des genauen Umrechnens des Luftvolums auf 0° und 760 mm Hg nach Möglichkeit zu vereinfachen, habe ich die unten folgenden Tabellen 1 bis 4 (Seite 91 bis 94) berechnet, bei deren Benutzung sich die ganze Arbeit auf eine einzelne Multiplication reducirt. Die Benutzung ergibt sich aus folgendem Schema.

17. Schema einer Kohlensäurebestimmung.

$V + 2 = 46{,}75$ ccm (Ablesung)
$V = 44{,}75$ ccm (Luftvolum, uncorrigirt)
$t = 20\,^0$ (Temperatur)
$b = 718$ mm (Barometerstand)
$f = 0{,}88$ (Reductionsfactor aus Tab. 1, S. 91)
$V^* = 44{,}75 \times 0{,}88$ (Luftvolum, reducirt)
$= 39{,}38$[1])
$x = 31{,}31 : 39{,}38$ (Gesuchter Kohlensäuregehalt)
$= 0{,}80$[2]) ‰ CO_2.

Zu diesem Schema ist Folgendes zu bemerken: Hat man an Stelle des uncorrigirten Luftvolums von 44,75 ccm, $44{,}75 \mp 0{,}5$ ccm Ablesung Luftvolum, oder auch an Stelle des reducirten Luftvolums von 39,38 ccm, $39{,}38 \mp 0{,}5$ ccm (das aus $44{,}75 \mp 0{,}5$ ccm für obige Verhältnisse reducirte Luftvolum würde statt $39{,}38 - 0{,}5 = 38{,}88$ ccm, 38,94 ccm betragen und 39,82 ccm statt $39{,}38 + 0{,}5 = 39{,}88$ ccm), so berechnet sich in beiden Fällen der CO_2-Gehalt statt 0,80‰, bezw. 0,81 und 0,79‰. Durch die um $\mp 0{,}5$ ccm unterschiedliche Ablesung wird also eine Abweichung von $1 : 80 = 0{,}0125 = 1{,}25$ Procent des Resultats hervorgerufen. Dass diese Abweichung keine grosse ist, zeigt ein Vergleich mit dem exacten PETTENKOFER'schen Ver-

[1]) Den gleichen reducirten Werth erhält man, wenn statt Benutzung des Factors 0,88 aus Tabelle 1 (Seite 91), wie üblich nach Formel gerechnet wird:

$$V^* = V \times \left(\frac{1}{1 + 0{,}00367 \times t} \times \frac{b}{760} \right)$$
$$= \frac{44{,}75 \times 718}{(1 + 0{,}00367 \times 20) \times 760}$$
$$= \frac{32130{,}50}{1{,}0734 \times 760} = \frac{32130{,}50}{815{,}784}$$
$$= 39{,}38 \text{ ccm, ganz wie oben.}$$

[2]) Den gleichen CO_2-Gehalt erhält man direct, ohne Ausführung der lästigen Division, wenn man für $(39{,}38 + 2)$ ccm, Seite 95 Tabelle **5** oder Seite 114 Diagramm **V** nachschlägt, oder für 39,38 ccm Diagramm **I** benutzt.

fahren; wurde eine Versuchsflasche von 4475 ccm benutzt, deren Luftinhalt für dieselben Verhältnisse reducirt 3938 ccm beträgt, so berechnet sich aus 1,5 ccm Titerdifferenz ein CO_2-Gehalt von 0,78‰, während für 1,4 ccm Titerdifferenz ein CO_2-Gehalt von 0,72‰, für 1,6 ccm ein solcher von 0,83 resultirt, wobei also die um $\pm$0,1 ccm unterschiedliche Ablesung gleichkommt einer Abweichung von $\sim 5:80 = 0{,}0625 = 6{,}25$ Procente des Resultats.

Für die Cylinder-Ablesung von 46,75 ccm war also:

0,80‰ der CO_2-Gehalt mit exacter Berücksichtigung von t u. b; es wäre:

0,77‰ der CO_2-Gehalt mit schematischer Berücksichtigung von t u. b ($+ 1/10$), da:

0,70‰ der CO_2-Gehalt ohne jede Berücksichtigung von t u. b (als directe Ablesung am Cylinder sowohl, vgl. Figur, wie nach Rechnung 31,31 : 44,75, oder nach Tabelle 5, oder nach Diagramm V).

18. Als Grenzwerth guter Luft gilt im allgemeinen die PETTENKOFER'sche Grenze von 1‰, beziehungsweise von 0,7‰ CO_2. In den Krankensälen der **Krankenhäuser** sollte der CO_2-Gehalt so controlirt werden, dass er nie über 0,7‰ anwächst und wo irgend möglich, insbesondere bei ansteckenden Krankheiten, unter 0,5‰ zurückbleibt. In **privaten Krankenzimmern** ist im allgemeinen diesem Verlangen leichter gerecht zu werden als in den Krankenzimmern der Krankenhäuser. Aber dieses Verlangen bleibt vielfach ein frommer Wunsch in poliklinischer und privatärztlicher **Armenpraxis**, erfahrungsgemäss muss man sich da häufig mit CO_2-Gehalten von 1‰ und mehr zufrieden geben; findet der Armenarzt, gar bei ansteckenden Krankheiten ca. 4‰, was vorkommt, so dürfte es mit eine seiner ersten Aufgaben sein, wenn „irgend" möglich Abhilfe zu schaffen; etwas lässt sich da immer thun und mit Herabdrückung eines CO_2-Gehaltes von 4‰ auf 2‰ ist bereits viel geschehen. Man muss eben mehr als irgendwo in der Hygiene mit den Verhältnissen rechnen. Auch in den **Hörsälen der Universitäten und der technischen Hochschulen** sowie in den Klassenzimmern der Schulen soll man füglich die Forderungen in dieser Hinsicht nicht zu hoch anspannen. Findet man am Schlusse einer stark besuchten

Vorlesung bis zu 2‰, so kann dieser CO_2-Gehalt nicht Anlass zu besonderen Einwendungen geben unter der Voraussetzung, dass andere nur von einem Theil derselben Studirenden besuchten Collegien CO_2-Gehalte bis unter 1‰ abwärts aufweisen. Bei Mittelschulen, d. h. **Gymnasien, Realgymnasien, Realschulen,** sind die Verhältnisse etwas andere als bei den Hochschulen, hier pflegen die überdiess jüngeren Schüler in gleichbleibender Anzahl einen vollen halben Unterrichtstag in demselben Klassenzimmer zu verweilen. Wenn in den oberen Klassen der Mittelschulen gegen den Schluss der ersten Vormittags- und Nachmittags-Schulstunden der CO_2 Gehalt sich um 1‰ bewegt und am Schlusse der letzten Vormittags- und Nachmittags-Stunde auf höchstens ungefähr 2‰ ansteigt, so mag man sich zufrieden geben, aber sich bewusst bleiben, dass man eigentlich eine an sich „schlechte" Luft ausnahmsweise für „zulässig" erklärt; unter allen Umständen ist aber ein noch höherer CO_2-Gehalt gerade für Schulen entschieden ein Zuviel. Dass man hier besondere Einräumungen machen muss, geht aus den umfangreichen, über die Dauer von drei Jahren sich erstreckenden RIETSCHEL'schen Untersuchungen hervor, die in amtlichem Auftrage zu Berlin besonders in Gymnasien und einigen Universitäts-Hörsälen ausgeführt wurden*). Ueber die Nothwendigkeit, hier einen höheren CO_2-Gehalt als 1‰ für zulässig zu erklären, vgl. RIETSCHEL l. c. pg. 44; im Winter 1888/89 zu Berlin, bei Gelegenheit einer Privatunterhaltung, äusserte sich RIETSCHEL mir gegenüber dahin, „dass als das Maximum dieses höheren zulässigen CO_2-Gehaltes wohl 2‰ angenommen werden dürfe, 1‰ oder 0,7‰ aber unhaltbar sei". In Anbetracht des jüngeren Lebensalters der Schüler sollte jedoch für die unteren Klassen der Mittelschulen und die oberen der Volksschulen 1,5‰ (vgl. wiederum RIETSCHEL l. c. pag. 44), für die unteren Klassen der **Volksschulen** 1‰ ein analoges Maximum bilden und in den **Kindergärten** ein CO_2-Gehalt von 0,7‰ am Schlusse des Vormittags wie des Nachmittags, vom sanitären Standpunkte aus nicht überschritten werden dürfen. Für **Kinderzimmer** der Privatwohnungen mag unter Umständen als äusserste Grenze 1‰ gelten; hier müssen die

*) „Lüftung und Heizung von Schulen". Von Professor H. RIETSCHEL. Berlin, Springer, 1886 (95 Seiten Text, 50 Doppelseiten Tabellen, 36 Tafeln Diagramme).

Kinder meist nicht so lange auf einmal verweilen wie im Kindergarten. In Räumen, wo die Lungen Jugendlicher aussergewöhnlich angestrengt werden, also besonders im **Turnsaal** und während der **Singstunde,** muss 0,7‰, in **Fabriken,** die keine jugendlichen Arbeiter beschäftigen, aber mit schwerer körperlicher Arbeit verbundenen Betrieb haben, in der Regel 1,5‰ äusserste zulässige Grenze sein. Für besondere Fabrikbetriebe dagegen wie das **Lumpensortiren,** das nicht einmal mit besonderer körperlicher Anstrengung verbunden ist, sowie für die **Quecksilber-Belegräume, Zündhölzer-Fabriken** erscheint das Ueberschreiten eines CO_2-Gehaltes von 0,7‰ nicht statthaft. Für **Kasernen***) kann man in einem morgendlichen CO_2-Gehalt von höchstens 2‰ in den Schlafräumen etwas aussergewöhnlich Unstatthaftes nicht erblicken, da die Mannschaften nicht übermässig lange in dieser schlechten Luft zu schlafen haben, wenn möglich viel die Fenster geöffnet lassen und — was die Hauptsache — während des Tags mehr als irgend ein Beruf intensiv in freier Luft beschäftigt sind. Ein Maximum von 1‰ zu irgend welcher Zeit dürfte in **Gefängnissen** und **Zuchthäusern** ein Gebot der Humanität sein bei der knapp bemessenen „Bewegung" im „Freien" und in „freier Luft". Im **Wohnzimmer des Privatmanns,** an welches die Familie nicht gleicherweise Tag und Nacht gebannt ist, erheischt ein irgendwann höheres Maximum als 1‰, im **Schlafzimmer** ein am Morgen höheres Maximum als 1‰ ebenfalls Abhülfe. **Wirthschaften, Cafés** kann recht wohl 1,5‰, **Theatern, Concertsälen** und anderen, in der Regel nicht alltäglich lange Zeit von denselben Personen frequentirten **Versammlungsräumen** 2‰ als äusserstes Maximum für den CO_2-Gehalt zugestanden werden; am besten wäre es freilich, man würde ein Restaurant meiden, in dem man 1,5‰ CO_2, also eine schlechte Luft, wenn auch nur vorübergehend sich bieten lassen muss. In **Eisenbahnwagen** liegen die Verhältnisse anders, auch bei längerer Fahrt; wie neueste Untersuchungen gezeigt haben, besitzt hier die ein-

*) In **Kasernen** zu Nürnberg werden gegenwärtig, wie mir zu Ohren gekommen ist, systematische Luftprüfungen auf CO_2 mit dem in Rede stehenden Apparat angestellt, ebenso schon seit längerer Zeit in einem Nürnberger **Krankenhaus** und in den **Stallungen** der Nürnberger Pferdebahn. Die Resultate dieser Untersuchungen scheinen nicht für die Veröffentlichung bestimmt zu sein.

dringende atmosphärische Luft nicht selten bereits einen höheren CO_2-Gehalt als 0,4‰*) und so entfernt sich WOLFFHÜGEL gewiss nicht zu weit von der allgemeinen Grenze (1‰), wenn er sagt**), dass die Luft in Eisenbahnwagen „sanitär soweit noch zulässig erscheint, als dieselbe den im CO_2-Gehalt von 1,5‰ zu gebenden Grenzwerth nicht überschreitet".

Für **Ställe** ist nach den Untersuchungsresultaten von H. SCHULTZE und M. MÄRCKER†), welche allgemeine Geltung erlangt haben††), ein CO_2-Gehalt bis 4‰ aufwärts statthaft. „Der Nachweis, dass ein Aufenthalt in schlecht gelüfteten Ställen die Gesundheit und die Productionsfähigkeit der Thiere beeinträchtigt, ist allerdings nicht geliefert; es spricht aber alles dafür, dass die Annahme ihre volle Berechtigung hat" — sagte DAMMANN 1886 in dem eben citirten ausgezeichneten Werke; inzwischen sind Daten bekannt geworden†††), welche diesen Nachweiss liefern: „Die Milchkuranstalt in Frankfurt a. M. hatte bei Benützung von Ventilationseinrichtungen, unter gleichbleibenden Fütterungs- und sonstigen Verhältnissen, bei 80 Schweizerkühen eine Mehrung von 483 Liter Milch pro Stück und Jahr zu verzeichnen, ein Ergebniss, das einer um 13 % erhöhten Verwerthung des Futters gleichkommt. In Hornburg erhielt Amtsrath Blomeyer nach Einrichtung einer wirksamen Ventilation in seinen Viehställen bei gleichen Futtermengen in einem Jahr einen Mehrertrag von durchschnittlich 450 Liter Milch von jeder Kuh."

*) Vgl. LÖFFLER über: „Eisenbahnhygiene in Bezug auf die Reisenden." Bericht üb. die Strassburger Vers. des D. V. f. öff. Gespfl., Brnschw. 1890, S. 128.

**) „Ueber die Prüfung von Ventilationsapparaten". Habilitationsschrift. Von G. WOLFFHÜGEL. München 1876.

Vgl. auch: „Ueber Lüftung und Heizung von Eisenbahnwagen". Von C. LANG und G. WOLFFHÜGEL. (Separatabdruck aus der „Zeitschrift für Biologie", Band XII, Heft IV.) München 1877.

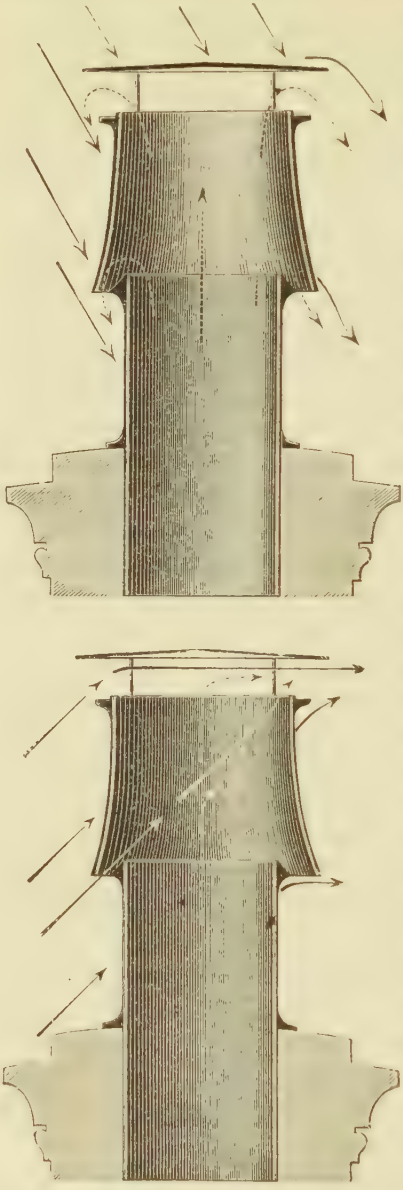
†) „Ueber den CO_2-Gehalt der Stallluft und den Luftwechsel in Stallungen". Von H. SCHULTZE und M. MÄRCKER. (Separatabdruck aus dem „Journal für Landwirthschaft" 1869, Seite 224 f. f.) Göttingen 1869.

„Untersuchungen über natürliche und künstliche Ventilation vorzüglich in Stallgebäuden." Von M. MÄRCKER. Göttingen 1871.

††) „Die Gesundheitspflege der landwirthschaftl. Haussäugethiere. Zwanzig Vorlesungen von Medicinalrath Professor Dr. DAMMANN in Hannover. 1318 Seiten, mit 20 Farbentafeln und 126 Textabbildungen. Berlin 1886" Seite 57 bis 59.

†††) Professor Dr. WOLFERT über: „Luftwechsel in Stallungen" in: „Encyklopaedie der gesammten Thierheilkunde", Seite 136 bis 149 des VI. Bandes (1888).

19. **Was kann der practische Arzt thun,** wenn er in Krankenzimmern unhaltbar hohe CO_2-Gehalte findet? Besonders kommt die Armenpraxis in Betracht und hierbei das Oeffnen eines oder mehrerer Fenster, ganz oder theilweise, oder von Fenster und Thür. Das ist nicht immer thunlich.



Die einfachste künstliche Ventilationseinrichtung besteht darin, wenigstens der schlechten Luft, die sich ganz besonders im oberen Theil des Zimmers ansammelt, Abfluss zu verschaffen. Rationell und verhältnissmässig mit den geringsten Kosten verknüpft ist als Nothbehelf eine Oeffnung im oberen Theil des Zimmers, aber nicht etwa nach Aussen, sondern nach dem warmen Schornstein zu, durch den die Zimmerluft rasch abfliesst; also: eine in den Schornstein führende Oeffnung in der Wand oberhalb des Rauchrohres, etwa 20 cm weit, mit einer Blechklappe schliessbar. Sehr vortheilhaft, aber in der Armenpraxis kaum durchführbar, wirkt dabei die Krönung des Schornsteins mit einem WOLPERT'schen „Rauch- und Luftsauger". Da dieser „Rauch- u. Luftsauger" vielfach mangelhaft abgebildet wird, insbesondere ohne den wesentlichen oberen Ring, so sei es gestattet, authentische Abbildungen desselben beizufügen; sowohl bei von oben kommendem Wind (obere Figur), als bei von unten kommendem (untere Figur), wie

überhaupt bei jeder Windrichtung, der Wind mag kommen woher er will, entsteht in dem Mittelstück unter der Deckplatte, im sogenannten „Saugkessel“ ein luftverdünnter Raum: der „Zug“ im Schornstein wird erhöht, Rückströmungen werden vermieden; ausserdem können, im Gegensatz zu den meisten ähnlichen Constructionen, Regen und Schnee nie in den Kamin gelangen. Bei der oben beschriebenen Einrichtung wird durch den Sauger*) also: 1) der Luftwechsel vermehrt, 2) das „Rauchen“ verhütet. Für den Zufluss reiner Luft genügen hierbei oft die zufälligen Oeffnungen. In wie weit mitunter durch Oeffnen von Fenstern nachzuhelfen ist, kann man durch den Luftprüfer ermitteln.

Das Capitel „Ventilation“ findet sich am eingehendsten behandelt unter den deutschen Werken in:

1) Professor HERMANN FISCHER, Heizung und Lüftung der Räume. Mit 240 Abbildungen. 234 Seiten Text. Darmstadt, 1881. Vierter Band von Theil III des „Handbuch der Architectur“. (Preis des Bandes, welcher ausserdem noch die Beleuchtung und Wasserversorgung behandelt, 16 Mk.)

2) Baurath PAUL, Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Mit 304 Abbildungen. 650 Seiten Text. Wien und Leipzig, 1885 (Preis 10 fl. österr.).

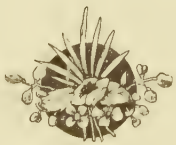
3) Professor Dr. WOLPERT, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, zugleich ein Lehrbuch zum Selbstunterrichte und zum Gebrauche bei Vorlesungen über bauliche Gesundheitslehre. Mit 431 Holzschnitten. 1095 Seiten Text. Leipzig, 1887 (Preis 20 Mk.).

Bereits die erste Auflage des WOLPERT'schen Werkes („Principien der Ventilation und Luftheizung“ mit 165 Holzschnitten, 320 Seiten Text, 1860) enthielt eine Reihe grundlegender Versuche in hygienisch-physikalischer Hinsicht, u. a. die ersten Versuche über die Grösse des Porenvolums der Bausteine.

*) Das Wort Sauger in diesem Sinne ist analog gebildet und zu verstehen wie z. B. Heber. Die Wirkung verursacht, wie am Heber der Luftdruck, am Sauger der Wind.

III. THEIL.

DIE REAGENSLÖSUNG.



20. Von den officinellen alkalischen Praeparaten kommen für die Herstellung der Reagenslösung in Betracht:

1) Natrium carbonic. crystallisat. (0,100), Ph. G. ed. III*) pg. 207
2) Natrium „ siccum (0,037), „ 208
3) Kalium „ crystallisat. (0,061), „ 163
4) Lithium „ siccum (0,026), „ 192
5) Magnesium „ siccum (0,029), „ 194
6) Aqua calcariae (15¼ ccm), „ 36

In Klammern beigefügt finden sich die Gewichtstheile des betreffenden Praeparats, welche 0,100 (= 100 Milligrammen) des Natriumcarbonat $Na_2 CO_3 + 10 H_2O$ aequivalent sind**).

Die einfachen Umsetzungsgleichungen (vgl. **5** Seite 8):

ad 1) $(Na_2 CO_3 + 10 H_2O) + CO_2 = 2 NaHCO_3 + 9 H_2O$
ad 2) $Na_2 CO_3 + H_2O + CO_2 = 2 NaHCO_3$
ad 3) $(Ka_2 CO_3 + 2 H_2O) + CO_2 = 2 KaHCO_3 + H_2O$
ad 4) $Li_2 CO_3 + CO_2 = Li_2O(CO_2)_2$
ad 5) $Mg CO_3 + CO_2 = MgO(CO_2)_2$
ad 6) $Ca(OH)_2 + CO_2 = Ca CO_3 + H_2O$.

Andere verwendbar erscheinende officinelle Praeparate wie z. B. Natrium phosphoricum (Ph. G. ed. III pg. 212) eignen sich nicht wohl, wegen zu geringer Reaction auf Phenolphtalein.

Am einfachsten möchte es scheinen, ad 6) 15¼ ccm **Kalkwasser** statt 0,100 krystallisirtes Natriumcarbonat zu nehmen und auf 500 ccm zu verdünnen; man hätte dann eine für $^1/_{50}$-procentige Sodalösung aequivalente Kalkwasserverdünnung, der Rechnung nach. Aber erstens ist das bei der Umsetzung entstehende Calciumcarbonat in Wasser sehr wenig löslich und man hätte Noth den Glascylinder gehörig sauber zu halten, zweitens aber doch etwas löslich und, da es alkalisch reagirt, die Ursache eines sofort und bis zu ge-

*) Arzneibuch für das Deutsche Reich. Dritte Ausgabe. „Pharmacopœa Germanica, editio III." Berlin, 1890.

) Wegen des Berechnungsmodus sei verwiesen auf S. 9 (Tafel der Aeq.-Gew.) sowie S. 98 (daselbst auch nicht-officinelle Praeparate aufgeführt, Tabelle **15) und S. 86 (Erläuterungen zu Tabelle **15**).

Gegenüber der aus Soda bereiteten $^1/_1$-Reagenslösung 0,100 : 500,0, ist also z. B. die Li-Carbonatlösung 0,026 : 500,0 eine procent-aequivalente $^1/_1$-Reagenslösung.

wissem Grade immer wieder auftretenden „Nachröthens“ (man müsste mit einem Ueberschuss von Luft arbeiten und erhielte daher zu niedere CO_2-Werthe); drittens der schwerwiegendste Vorwurf: man erhält verschiedenes Kalkwasser selten von gleichem Titer. In der Pharmacopœe ist zwar eine genaue Bereitungsvorschrift gegeben, aber das zur Bereitung verwendete CaO ist selten rein.

Von 10 verschiedenen Kalkwassern, 5 aus verschiedenen Kalksorten selbstbereitet und 5 aus verschiedenen Apotheken Nürnbergs bezogen, stimmten nicht 2 bei der unter den entsprechenden Cautelen vorgenommenen Titernahme mit Oxalsäure 2,864 : 1000 (PETTENKOFER'sche Lösung) überein und **keines ergab den nach dem Ansatze:**

In 590 ccm Wasser löst sich bei 16° 1 Gramm $Ca(OH)_2$
also in 10 „ „ „ 10 : 590 = 0,01695 „ „ „ ;

Aeq.-Gew. des $Ca(OH)_2$ = 36,915
„ der $C_2O_4H_2 + 2H_2O$ = 62,850;

$$\frac{x \text{ Gramm } C_2O_4H_2 + 2H_2O}{0{,}01695 \text{ Gramm } Ca(OH)_2} = \frac{62{,}850 \text{ Gramm } C_2O_4H_2 + 2H_2O}{36{,}915 \text{ Gramm } Ca(OH)_2}$$

x = 0,028858 Gramm $C_2O_4H_2 + 2H_2O$
= 10,1 ccm der PETTENKOFER'schen Lösung;

richtigen Titer von 10,1 ccm Oxalsäurelösung auf 10,0 ccm Kalkwasser.

Versuche vom 4. April 1889, Nürnberg.

Nr. (geordnet)	Bezugsquelle des Kalkwassers	Titer	Differenz
I	Apotheke in der Bindergasse . . .	8,4 . . .	— 1,7
II	„ an der Lorenzerkirche .	8,7 . . .	— 1,4
III	„ in der Marienstrasse . .	9,6 . . .	— 0,5
IV	Selbstbereitet	9,8 . . .	— 0,3
	Richtiges Kalkwasser (fingirt) . . .	(10,1) . . .	(∓ 0,0)
V	Selbstbereitet	10,4 . . .	+ 0,3
VI	Apotheke beim inneren Lauferthor	10,5 . . .	+ 0,4
VII	Selbstbereitet	10,7 . . .	+ 0,6
VIII	Apotheke in der Spitalgasse	10,8 . . .	+ 0,7
IX	Selbstbereitet	11,1 . . .	+ 1,0
X	„	11,5 . . .	+ 1,4

Resultat: Man würde mit Kalkwasser I um 17 Procent zu hohe, mit Kalkwasser X um 14 Procent zu niedere CO_2-

Werthe erhalten, welche beiden CO_2-Werthe unter einander differiren um $17 + 14 = 31$ Procent.

Von allen den genannten officinellen Praeparaten ist am leichtesten in möglichster chemischer Reinheit zu erhalten und am leichtesten richtig abzuwägen das Natriumcarbonat, und dieses sei in erster Linie zu den CO_2-Bestimmungen empfohlen, gleichviel ob krystallisirt oder als frisch ausgeglühtes Siccum (letzteres besonders, wenn durch Ausglühen aus Natriumbicarbonat frisch bereitet). Persönlich ziehe ich das krystallisirte Natriumcarbonat vor, schon weil dessen bedeutend höheres Aequivalentgewicht etwaige Wägefehler entsprechend reducirt, und dann weil ich finde, dass sich dasselbe, unter Wahrung bestimmter Cautelen, in kleinen Mengen sicherer abwägen lässt. Aber man darf nur Krystalle ohne Spur von Verwitterung nehmen oder muss den Beschlag eventuell abschaben (ganz wie bei der Verwendung der krystallisirten Oxalsäure bei PETTENKOFER), man soll die Wägung auch womöglich bei feuchter Witterung oder in künstlich befeuchtetem Raume vornehmen. Es sei besonders darauf aufmerksam gemacht, um ungerechtfertigten Einwürfen vorzubeugen, dass nachträgliche Verwitterung der krystallisirten Soda (nach dem Abwägen) keinen Einfluss auf das Resultat mehr ausübt. Freilich verwittert die krystallisirte Soda $Na_2CO_3 + 10\,H_2O$ an der Luft zu halbem Siccum $Na_2CO_3 + 5\,H_2O$ und aus den abgewogenen 100 mg werden bald neunzig und achtzig und schliesslich siebenzig, und die Substanz zerfällt; aber nur das gleichgültige Wasser tritt aus, das Carbonat bleibt.

Die bislang bekannten Darstellungsverfahren des Sicc. sind:

1) aus Natriumbicarbonat, durch Ausglühen;

2) nach MOHR (Titriranalyse 1886, S. 93), aus dem lufttrockenen, durch Verwitterung erhaltenen halben Siccum $Na_2CO_3 + 5\,H_2O$ in folgender Weise: Man bringt letzteres Salz in einen Trockenraum und lässt austrocknen soweit als hier möglich. Das so getrocknete Pulver werde in einer Porzellan- oder Platinschale bei starkem Feuer erhitzt und mit einem Spatel so lange umgerührt, bis eine daraufgelegte kalte und trockene Glasplatte keinen Hauch von Feuchtigkeit mehr annimmt; bei schwachem Feuer tritt dieser Zeitpunkt schliesslich zwar ebenfalls ein, aber man muss lange zuwarten. Die ganze Schale lasse man alsdann, mit einem Teller bedeckt,

ALKALITÄTS-

einiger Flüssigkeiten durch Kochen

In **nebenbezeichneten** Gefässen, 50 ccm **untenbezeichneter** Flüssigkeit + 4 Tropfen 5-proc. Phenolpht.-Lösung, innerhalb 5 Minuten auf mindestens die Hälfte eingekocht. Wirkung dieses Kochens auf die Flüssigkeit:		I. **Platin** Platin-Tiegel	II. **Nickel** Nickel-Tiegel massiv aus einem Stück	III. **Kupfer** Kupfer-Tiegel massiv aus einem Stück	IV. **Weiss-blech 1** Weissblech-Kochkanne	V. **Weiss-blech 2** Weissblech-Kochkanne
	Flüssigkeit zu Beginn des Kochens:	Farblos	Farblos	Farblos	Farblos	Farblos
A. **Destill. Wasser a** schwach sauer.	nach 1 Min. Kochen:	"	"	"	"	"
	" 2 " "	"	"	"	"	"
	" 3 " "	"	"	"	"	"
	" 4 " "	"	"	"	"	"
	" 5 " "	"	"	"	"	"
Schliessliche Alkalität in Mgm.-Aeq. kryst. Soda:		**Neutral**	**Neutral**	**Neutral**	**Neutral**	**Neutral**
	Flüssigkeit zu Beginn des Kochens:	Farblos	Farblos	Farblos	Farblos	Farblos
B. **Destill. Wasser b** schwach sauer.	nach 1 Min. Kochen:	Röthlich?	Röthlich?	Röthlich?	Röthlich?	Röthlich?
	" 2 " "	Röthlich	Röthlich	Röthlich	Röthlich	Röthlich
	" 3 " "	"	"	"	"	"
	" 4 " "	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich
	" 5 " "	"	"	"	"	"
Schliessliche Alkalität in Mgm.-Aeq. kryst. Soda:		**4,50 Soda**	**4,50 Soda**	**4,50 Soda**	**4,50 Soda**	**4,50 Soda**
	Flüssigkeit zu Beginn des Kochens:		Farblos	Farblos	Farblos	Farblos
C. **Brunnen-Wasser** schwach sauer.	nach 1 Min. Kochen:		Röthlich?	Röthlich	Röthlich?	Röthlich??
	" 2 " "		Röthlich	"	Röthlich	Röthlich
	" 3 " "		Sehr röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich
	" 4 " "		"	"	"	"
	" 5 " "		"	Tief röthlich	"	"
Schliessliche Alkalität in Mgm.-Aeq. kryst. Soda:			**5,75 Soda**	**5,75 Soda**	**5,75 Soda**	**5,75 Soda**
	Flüssigkeit zu Beginn des Kochens:		Farblos	Farblos	Farblos	Farblos
D. $^1/_{50}$-proc. **Soda-Lösung neutralisirt durch CO_2.** Die **Alkalität** betrug vordem: 10,0 mg. kryst. Soda.	nach 1 Min. Kochen:		Röthlich	Röthlich	Röthlich	Röthlich
	" 2 " "		Sehr röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich
	" 3 " "		Tief röthlich	Tief röthlich	Tief röthlich	Tief röthlich
	" 4 " "		Tief roth	Tief roth	Tief roth	Tief roth
	" 5 " "		"	"	"	"
Schliessliche Alkalität in Mgm. Aeq. kryst. Soda:			**10,00 Soda**	**10,00 Soda**	**10,00 Soda**	**10,00 Soda**
	Flüssigkeit zu Beginn des Kochens:		Tief roth	Tief roth	Tief roth	Tief roth
E. $^1/_{50}$-proc. **Soda-Lösung frisch bereitet.** Die **Alkalität** beträgt: 10,0 mg. kryst. Soda.	nach 1 Min. Kochen:		"	"	"	"
	" 2 " "		"	"	"	"
	" 3 " "		"	"	"	"
	" 4 " "		"	"	"	"
	" 5 " "		"	"	"	"
Schliessliche Alkalität in Mgm.-Aeq. kryst. Soda:			**10,00 Soda**	**10,00 Soda**	**10,00 Soda**	**10,00 Soda**

-ZUNAHME

in verschiedenen Kochgefässen.

VI. **Email 1** Email-Kochkanne weiss-blau	VII. **Email 2** Email-Kochpfanne weiss-braun	VIII. **Email 3** Email-Tasse weiss-dunkelblau	IX. **Email 4** Email-Tasse weiss-grau gesprenkelt	X. **Porzellan** Porzellan-Abdampfschale	XI. **Glas 1** Glas-Kochkolben neu (jedesmal neuerKolben)	XII. **Glas 2** Glas-Kochkolben neu (jedesmal neuerKolben)	XIII. **Glas 3** Glas-Kochkolben viel benutzt (immer derselbe)	XIV. **Glas 4** Glas-Kochkolben viel benutzt (immer derselbe)
Farblos	Farblos	Farblos	Farblos	Farblos	Röthlich	Röthlich	Farblos	Röthlich
„	„	„	„	„	„	Sehr röthlich	Farblos?	Sehr röthlich
Spur röthl.?	„	„	Gelblich?	„	Sehr röthlich	Tief röthlich	Spur röthlich	Tief röthlich
Röthlich	Röthlich	Röthlich?	Röthlich	„	Tief röthlich	Tief dunkelr.	Röthlich	Tief dunkelr.
Sehr röthlich	„	Röthlich	„	„	Tief roth	„	„	„
„	„	„	„	„	„	„	„	„
4,00 Soda	**2,50 Soda**	**1,75 Soda**	**3,25 Soda**	**Neutral**	**9,25 Soda**	**31,00 Soda**	**2,25 Soda**	**28,25 Soda**
Röthlich?	Farblos	Farblos	Farblos?	Farblos	Röthlich	Sehr röthlich	Röthlich?	Röthlich
Röthlich	Röthlich?	Röthlich?	Röthlich	Röthlich?	„	Tief röthlich	Röthlich	Tief röthlich
Sehr röthlich	Röthlich	Röthlich	Sehr röthlich	Röthlich	Sehr röthlich	Tief dunkelr.	Sehr röthlich	Tief dunkelr.
Tief röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Tief röthlich	„	Tief röthlich	„	Tief röthlich	„
Tief roth	Tief röthlich	„	Tief roth	Sehr röthlich	Tief dunkelr.	„	Tief roth	„
„	„	„	„	„	„	„	„	„
8,25 Soda	**6,50 Soda**	**5,50 Soda**	**7,00 Soda**	**4,50 Soda**	**18,75 Soda**	**37,50 Soda**	**6,50 Soda**	**32,75 Soda**
Röthlich?	Farblos	Farblos?	Röthlich?	Farblos	Röthlich	Sehr röthlich	Röthlich	Röthlich
Röthlich	Röthlich	Röthlich	Röthlich	Röthlich?	Sehr röthlich	Tief röthlich	„	Tief röthlich
Sehr röthlich	„	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Röthlich	„	Tief dunkelr.	Sehr röthlich	Tief dunkelr.
Tief röthlich	Sehr röthlich	Tief röthlich	Tief roth	„	Tief röthlich	„	Tief röthlich	„
Tief roth	Tief röthlich	Tief roth	„	Sehr röthlich	Tief roth	„	Tief roth	„
„	Tief roth	„	„	„	„	„	„	„
9,50 Soda	**8,00 Soda**	**7,25 Soda**	**8,75 Soda**	**5,75 Soda**	**13,50 Soda**	**36,75 Soda**	**7,75 Soda**	**33,50 Soda**
Röthlich?	Farblos?	Farblos?	Röthlich?	Farblos	Röthlich	Sehr röthlich	Röthlich	Sehr röthlich
Röthlich	Röthlich	Röthlich	Röthlich	Röthlich	„	Tief roth	„	Tief röthlich
Sehr röthlich	Sehr röthlich	„	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Sehr röthlich	Tief dunkelr.	Sehr röthlich	Tief dunkelr.
Tief röthlich	Tief röthlich	Tief röthlich	Tief röthlich	Tief röthlich	„	„	Tief röthlich	„
Tief roth	Tief roth	Tief roth	Tief roth	Tief roth	Dunkelroth	„	Tief roth	„
„	„	„	„	„	Tief dunkelr.	„	„	„
13,50 Soda	**12,00 Soda**	**11,50 Soda**	**12,75 Soda**	**10,00 Soda**	**17,25 Soda**	**43,25 Soda**	**11,75 Soda**	**37,75 Soda**
Tief roth	Tief roth	Tief roth	Tief roth	Tief roth			Tief roth	Tief roth
„	„	„	„	„			„	Tief dunkelr.
„	„	„	„	„			„	„
„	„	„	„	„			„	„
„	„	„	„	„			„	„
„	„	„	„	„			„	„
13,50 Soda	**12,00 Soda**	**11,50 Soda**	**12,75 Soda**	**10,00 Soda**			**11,75 Soda**	**37,75 Soda**

womöglich neben Chlorcalcium in einem geschlossenen Raume erkalten. (Die Tabelle auf Seite 40 f. gehört zu **27** S. 46.)

21. Bei Gelegenheit eines Vortrags, den ich über die neue Methode am 23. October 1890 im (ärztlichen) Verein für öffentliche Gesundheitspflege der Stadt Nürnberg hielt, wurde mir von geehrter Seite die Anregung, zur Bereitung der Reagenslösung ein Recept für den Apotheker zu geben. Folgendes Recept verdankt dieser Anregung seine Entstehung und dient bereits an manchen Orten auch des Auslandes (soviel mir mitgetheilt, besonders Russland und Schweden, sowie Niederlande, Belgien und Italien) als Magistralformel.

Rp.

Natri carbon. **sicci** 0,019
Solut. Phenolphtaleini offic.. . . 3,0
Spirit., recenter ad hoc tepefacti 12,0.
adde: Aq. destill., recenter ad hoc
calefactae (ut et eius acid. carbon.
effugiat), deinde refrigeratae,
q. s. ut f. centimetri cubici 250,0.—

Sit solutio fervide-rubra, et retineant speciem rubram cm. c. 2,0, diluti aqua destillata recenter calefacta (posthac refrigerata) ad cm. c. 18,0.

Potest reservari multos menses solutio, inclusa vitro seu nigro seu flavo ad summum impleto.

M. d. s.

„Luftprüfungs-Lösung."

22. In diesem Recept ist nicht ausdrücklich gesagt, dass (wie erforderlich) die Flüssigkeiten nicht in Glasgefässen, sondern nur in Metallgefässen gekocht werden sollen, weil die Apotheker überhaupt zum Kochen Metallgefässe nehmen. Ferner ist aber darin Siccum vorgeschrieben, weil man wohl nicht erwarten darf, dass jeder Apotheker die zur Verwendung der krystallisirten Soda erforderlichen Cautelen beobachten würde. Persönlich halte ich die Apotheke nicht für die richtige Bezugsquelle solcher quantitativer Reagenslösungen und möchte Jedem empfehlen, die kleine Mühe nicht zu scheuen und sich die Lösung selbst herzustellen. Diese Herstellung ist durch eine practische Neuerung, die sogenannten „Luftprüfungs-Kapseln", bequem gemacht; es sind das Gelatinekapseln mit wirklich zuverlässig dosirtem Inhalt: durch chemisch

reine Watte getrennt, einerseits garantirt exact 0,100 krystallisirte Soda; andererseits eine entsprechende, überreichlich bemessene Menge Phenolphtalein. Das Phenolphtalein befindet sich isolirt oberhalb der Watte in der Deckelkapsel, wodurch ein etwaiger Verlust an Substanz während des Oeffnens nur einen Verlust von Phenolphtalein, dem Indicator, bedeutet und daher keinen Einfluss auf die Genauigkeit des Resultats ausübt. Da solche gefüllte Kapseln aber ziemlich theuer zu stehen kommen und man am besten sich doch auf sich selber verlässt, so dürfte es sich am meisten empfehlen, einen kleinen Vorrath davon gelegentlich sich selber zu füllen. Der Inhalt, einmal abgewogen, bleibt — das sei nochmals hervorgehoben — unbeschränkte Zeit verwendbar, sich aequivalent.

23. Mit Hülfe dieser Kapseln kann man sich die $^1/_{50}$-procentige Lösung krystallisirter Soda, als die empirische $^1/_1$-Normallösung, auf folgende Weise herstellen:

1) Man giesst in eine Halbliter-Messflasche 25 ccm reinen Alcohol.

2) Dann nehme man den Deckel von einer Kapsel, und gebe zuerst das gelbliche Phenolphtalein, welches oben über der Watte liegt, in den Alcohol; darnach die Watte selber, welche man leicht mit Hülfe einer Stecknadel herausnimmt; und zuletzt das unter der Watte befindliche Natriumcarbonat. Bleiben von letzterem zufällig einzelne Theilchen innen hängen, so kann man dieselben mit der Nadel leicht abstossen.

3) Darauf gebe man soviel destillirtes Wasser, am besten frisch abgekochtes, das aber vorher wieder erkaltet sein muss*), hinzu, als bis zur Marke noch fehlt. Die Lösung ist fertig, so-

*) Das destillirte Wasser sollte wegen seines CO_2-Gehaltes nie zu CO_2-Bestimmungen verwendet werden ohne vorher abgekocht, das heisst „eben zum Sieden gebracht" worden zu sein und zwar in einem Metall-(Blech-)Gefäss, niemals in einem Glasgefäss. Sämmtliche Glasgefässe, welche ich zu prüfen Gelegenheit hatte, deutsche und ebenso theure böhmische, speciell für chemische Zwecke bestimmte Gläser, ferner Glasgefässe, die in Mailand, Genua, Marseille und Algier gekauft wurden, gaben mindestens in neuem Zustande Alkali ab, wenn chemisch reines destillirtes Wasser in ihnen gekocht, unter Umständen auch nur heisses Wasser in dieselben eingefüllt wurde. Man kann die Probe leicht machen, wenn man in irgend einem Reagensglas destillirtes Wasser unter Zusatz eines Tropfens Phenolphtaleinlösung kocht; fast immer tritt nach kurzem Kochen eine Rothfärbung auf. Auf diesen Umstand, der bis heute bei den Constructeuren selbst der neuesten Luftprüfungsapparate keine Beachtung gefunden hat (die Einen lassen das destillirte Wasser vor der Verwendung gar nicht

bald sich alles Carbonat gelöst hat, was ungefähr 10 Minuten dauert; dieselbe hat dann eine tief-rothe Färbung angenommen. Sie hält sich, in gut verschlossenen Flaschen und im Dunkeln aufbewahrt, etwa ein halbes Jahr.

24. Es ist nicht immer und besonders nicht auf Reisen practisch, wenn auch wohlbegründet, sich gleich $^1/_2$ Liter Lösung herzustellen, wo man nur 2 ccm bedarf. Desshalb gebe ich noch folgende Vorschrift zur Bereitung mit Hülfe einer Mutterlösung:

Man giesse in den Reagenscylinder (Abbildung S. 24) 10 ccm Alcohol, gebe dazu erst das Phenolphtaleinpulver und die 0,100 krystallisirter Soda, und sodann Wasser bis zum Theilstrich 50. Diese $^{10}/_1$-Lösung ist Jahre lang haltbar.

Mit Hülfe dieser $^{10}/_1$-Mutterlösung stellt man sich im Augenblicke des Gebrauchs $^1/_1$-Lösung her: indem man mit der Pipette 2 ccm in den Reagenscylinder einfüllt und auf 20 verdünnt; unter besonderen Verhältnissen $^1/_2$-Lösung, indem man die 2 ccm auf 40 verdünnt, und $^1/_3$-Lösung durch Verdünnung auf 60, welchen Theilstrich man durch Auftragen der Strecke von 40—50 auf 50—n genau feststellen kann, da der Cylinder gleichcalibrisch ist.

25. Auf Reisen, auch sonst zuweilen kann es unbequem sein, das destillirte Wasser abzukochen, und dann ist eine **chemische** Neutralisation des destillirten Wassers als Nothbehelf schätzenswerth. Das Wasser kann für vorliegenden Zweck auf chemischem Wege neutral gemacht werden durch tropfenweisen Zusatz von $^{10}/_1$-Reagenslösung bis zur schwachen, auf Umschütteln verschwindenden Rothfärbung; dasselbe ent-

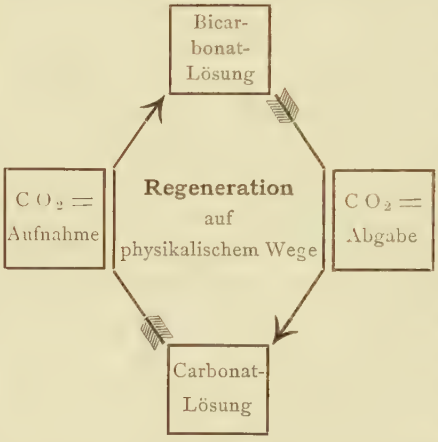
abkochen; die Anderen schreiben ein Auskochen vor, die Frage offen lassend worin?, und ein Glasgefäss ist dann doch das Nächstliegende; noch Andere sagen geradezu: „Man koche das destillirte Wasser vor der Verwendung in einem Glasgefäss fünf Minuten lang"), habe ich bereits 1889 in meinen „Wissenschaftlichen Erläuterungen und theoretische Begründung einer neuen Luftprüfungsmethode auf Kohlensäure" hingewiesen. Wo im folgenden von Wasser die Rede, ist immer destillirtes u. zw. in einem Metallgefäss abgekochtes destillirtes darunter zu verstehen, es sei denn ausdrücklich anders bemerkt.

Unter manchen Reagensgläsern, in die 1 bis 2 ccm chemisch reines destill. Wasser eingefüllt wurde, brauchte ich nur ein Streichholz, allenfalls noch ein zweites abzubrennen um eine durch Phenolphtalein als alkalisch erkennbare Flüssigkeit zu gewinnen, manche zum selben Zweck ebenso gefüllt nur einige Minuten horizontal der Sonnenwärme (im August) auszusetzen.

hält dann nur neutrales Bicarbonat. Es scheint aber eine Reagenslösung, welche viel Bicarbonat oder überhaupt viele scheinbar gleichgültige Beimengungen enthält, die CO_2 zum mindesten nicht mehr mit der gleichen Schnelligkeit an sich zu ziehen; in der Umkehrung dürfte mit die Erklärung für die überraschend scharfe Reaction so verdünnter Sodalösungen liegen; concentrirte Sodalösungen mit Phenolphtaleinzusatz, durch CO_2-Aufnahme schwach alkalisch aber sehr stark bicarbonathaltig geworden, erscheinen matt gegenüber frisch bereiteten Lösungen vom gleich schwachen Alkalitätsgrad aber ohne Bicarbonat (letztere dunkelroth), und die matte Farbe bleibt gleichwohl zum mindesten überraschend lange Zeit bestehen, es erfolgt die weitere CO_2-Aufnahme nicht mehr so rasch und der Farbumschlag nicht prompt und scharf; daher dürften starke Sodalösungen für derartige Luftprüfungen auf CO_2 sich überhaupt nicht eignen und *es dürfte bei einer directen Lufttitration die Anwendung stark verdünnter Lösungen wesentlich sein zur Erreichung genauer Resultate.* (Vgl. übrigens S. 58). — Der Alcohol lässt sich nicht durch Sodalösung auf chemischem Wege neutralisiren; da die Soda im Alcohol unlöslich ist, so würde selbst bei gleichzeitiger Gegenwart von Phenolphtalein eine durch den Indicator nicht angezeigte Ausscheidung feinster Sodatheilchen erfolgen, die man, wenn man sie überhaupt bemerkt, für ausgeschiedenes Phenolphtalein halten könnte, die aber im später zugegebenen Wasser sich wieder lösen und den Titer erhöhen würden.

26. Eine werthvolle und einfache titrimetrische **Controlprobe,** ob eine Reagenslösung noch verwendbar sei, wird durch den empirisch gefundenen Umstand an die Hand gegeben, dass 2 ccm der $^1/_1$-Lösung, auf 18 ccm mit abgekochtem destillirten Wasser ergänzt (entsprechend $^1/_2$-Lösung auf 9, $^1/_3$-Lösung auf 6), eben noch deutlich roth bleiben müssen, welche Färbung bei stärkerer Verdünnung, oder nach kurzem Umschwenken im offenen Cylinder, verschwindet; es genügt dann schon sehr wenig CO_2 zur Entfärbung. Man achte bei dieser Probe darauf: Erstens das Verdünnungsmittel vorsichtig in den schräg gehaltenen Reagenscylinder einzugiessen, und zweitens mit Mund und Nase möglichst fern dessen Oeffnung zu bleiben. Ferner soll die Probe in möglichst CO_2-freier Luft vorgenommen werden.

27. Es liegt der Gedanke nahe, nach diesem Princip eine verdorbene, schwächer gewordene Reagenslösung, durch Zusatz von stärkerer Lösung oder von Substanz bis zur Rückkehr der gleichen Reaction wie vorher, auf chemischem Wege zu **regeneriren.** Das geht an; aber immerhin wäre eine solche Regeneration mit Einverleibung von Bicarbonat verbunden und man würde nicht gut daran thun, dieselbe bei einer und derselben Reagenslösung öfter zu wiederholen.



Practischer erscheint eine Regeneration des Bicarbonat der Lösung auf physikalischem Wege, ohne dass der Zusatz irgend eines Praeparats erfolgt (ein Vorgang, der vielleicht besser mit „Recreation" oder „Reconstitution" zu bezeichnen wäre, für den ich aber gleichwohl ebenfalls die Bezeichnung „Regeneration" vorziehen möchte).

Natriumbicarbonat kann nämlich direct in Lösungen, wie aus den (auszugsweise gegebenen) Versuchen auf S. 40 u. 41 hervorgeht, durch entsprechendes Kochen in die genau aequivalenten Mengen Natriumcarbonat übergeführt werden.

Oder allgemeiner:

Aus den neutral reagirenden Bicarbonaten lässt sich in Lösung durch entsprechendes Kochen die, dem Carbonat gegenüber, das Bicarbonat constituirende CO_2 sämmtlich austreiben und so das alkalisch reagirende Carbonat gewinnen.

Oder:

Jede alkalische Lösung, aus der durch CO_2-Aufnahme eine neutrale Lösung wird, verliert durch entsprechendes Kochen diese CO_2 und wird wieder alkalisch wie zuvor.

Das „entsprechende" Kochen der bicarbonathaltigen Flüssigkeit besteht nach den Versuchen darin, dieselbe **stark** einzukochen; ganz sicher, dass man **stark genug** hat kochen lassen, ist man dann, wenn innerhalb 5 Minuten nicht weniger als die halbe Flüssigkeitsmenge eingedampft werden konnte. Bei Flüssig-

keitsmengen von 50—100 ccm ist ohne Schwierigkeit dieser Anforderung gerecht zu werden. Starkes Einkochen der Flüssigkeit innerhalb kurzer Zeit ist wesentlich; wenn man bei gelindem Feuer die Bicarbonatlösung eine Stunde gegen 100° temperirt hält und innerhalb so langer Zeit auf die Hälfte eindampft, so gewinnt man die genau aequivalente Carbonatmenge nicht.

Aus denselben Versuchen (S. 40 f.) geht ferner hervor:

1) Es giebt destillirtes Wasser, welches durch Kochen alkalisch wird (B, I—V u. X).

2) Brunnenwasser wird durch Kochen alkalisch (C,II—Vu.X).

3) Es giebt Emailgefässe, welche beim Kochen von Flüssigkeiten wenig Alkali abgeben (VIII, A. ff.).

4) Glasgefässe, auch wenn sie schon alt und viel gebraucht sind, können noch viel Alkali an Flüssigkeiten abgeben, welche man in ihnen kocht (XV, A. ff.).

5) Kein Alkali an kochende Flüssigkeiten geben ab Gefässe aus Porzellan, Weissblech, Kupfer, Nickel, Platin (X, IV u. V, III, II, I; A. ff.).

Es dürfte sich nach den oben gemachten Mittheilungen empfehlen, die einmal gebrauchte Lösung nicht fortzugiessen, sondern zu sammeln, und vor Verdunstung geschützt in geschlossenen Flaschen aufzubewahren. Vor jeder wichtigen Reihe von Beobachtungen koche man die Reagenslösung, wenn auch frisch bereitet, frisch ab (in einem Metallgefäss, in der bezeichneten Weise), um dieselbe zu regeneriren; man kann dann unbesorgt bereits gebrauchte Lösung vor dem Abkochen dazugiessen*) und es kommt auf den Grad, in welchem die Reagenslösung verdorben ist, gar nicht an: wenn man den Versuch macht, von 100 ccm tiefrother Reagenslösung die Hälfte ohne weiteres zu kochen, in die andere Hälfte aber zuvor Lungenluft bis zur vollständigen Entfärbung einzublasen oder sogar beliebig viel mehr, und dann erst zu kochen, so sind nach dem Kochen die beiden Lösungen wieder gleich intensiv roth, nicht von einander zu unterscheiden.

Wenn man beispielsweise eine neutralisirte $^1/_2$-Lösung auf die Hälfte einkocht, so muss man natürlich das verdampfte Wasser schliesslich wieder nachfüllen, ersetzen, wenn man

*) Natürlich nur: Gewesene $^1/_1$-Lösung zu $^1/_1$-Lösung, gewesene $^1/_2$-Lösung zu $^1/_2$-Lösung u. s. w.

wieder $^1/_2$-Lösung erhalten will; man würde in obigem Falle sonst $^1/_1$-Lösung zurückgewinnen.

28. Auch bei noch so heftigem Kochen im offenen Gefäss wird die Flüssigkeit nicht höher als gegen 100° temperirt; aber entsprechende Heftigkeit des Kochens ist es gleichwohl, welche hier die Glühhitze vollkommen ersetzt und aus der Lösung des Bicarbonat die, dem einfachen Carbonat gegenüber, dasselbe constituirende CO_2 bis auf das letzte Molekül austreibt, während von der fester gebundenen CO_2 des einfachen Carbonat durch noch so heftiges Kochen (wie beim Ausglühen der Substanz durch noch so heftiges Ausglühen) nicht ein einziges Molekül in Freiheit geht.

Den Vorgang erkläre ich mir so, dass wohl nicht die Flüssigkeit, aber von den in ihr befindlichen Bicarbonattheilchen diejenigen, welche die Innenfläche des Kochgefässes berühren, eine bedeutend höhere Temperatur als 100° erlangen; bei sehr heftigem Kochen rücken aber sehr rasch immer wieder neue Bicarbonattheilchen an die Innenfläche, besonders den Boden des Kochgefässes nach, bis schliesslich alle Bicarbonattheilchen mit dieser heisseren Fläche in Berührung getreten und in Carbonattheilchen übergeführt sind, wozu, wie experimentell gezeigt, ein Zeitraum von kaum 5 Minuten bereits genügend ist (die vollständige Umwandlung ist in der Regel nach 4 Minuten bereits erreicht, wie aus der Tabelle (S. 40—41) ersichtlich; zur grösseren Sicherheit kocht man 1 Minute länger).

29. Wie beim Ausglühen der Substanz, so beruht also auch hier der chemische Vorgang darauf, dass aus dem Bicarbonat $CO_2 + H_2O$ ausgetrieben wird, z. B.

I) $2\,NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$

II) $2\,KaHCO_3 = Ka_2CO_3 + CO_2 + H_2O$

u. s. f. —

CO_2 entweicht.

H_2O, soweit gebildet, braucht nicht ersetzt zu werden. —

Leider lassen sich nach derselben Methode andere Säuren, z. B. die Phosphorsäure nicht ebenso entfernen.

In obigen Beispielen (I u. II), berechnet sich das Aequivalent-Gewicht

für $NaHCO_3 = 83{,}84$

für $KaHCO_3 = 99{,}88$;

in Procent-Aequivalenten zur krystallisirten Soda entsprechen:

0,100 ($Na_2CO_3 + 10 H_2O$),
oder 0,037 Na_2CO_3,
oder 0,061 ($Ka_2CO_3 + 2 H_2O$)
$= 0{,}059\ NaHCO_3$ [— ($H_2O + CO_2$), durch Kochen
$= \mathbf{0{,}070}\ KaHCO_3$ [— ($H_2O + CO_2$), „ „ .

Man kann also statt der Lösung von 100 mg Natrium carbonicum crystallisatum eine solche entweder von 59 mg Natrium bicarbonicum oder von 70 mg Kalium bicarbonicum kochen. Kalium bicarbonicum empfiehlt sich mehr, denn erstens ist sein genaues Procentaequivalent (70 mg) zufällig eine runde, zweitens eine hohe Zahl; drittens, wesentlicher, besteht das Salz aus farblosen, durchscheinenden, völlig trockenen, nicht hygroskopischen Krystallen (in allen diesen Praedicaten das extremste Gegentheil zum Kalium carbonicum), und viertens ist es bereits in 4 Gewichtstheilen Wasser löslich, Natrium bicarbonicum erst in 12.

Vor jeder wichtigen Reihe von Beobachtungen ist das Abkochen der Reagenslösung indicirt, wie bereits erwähnt; contraindicirt jedoch immer dann, wenn man das destillirte Wasser chemisch neutralisirt hat. Verdirbt eine mit solchem Wasser hergestellte Reagenslösung, so lässt sie sich auf physikalischem Wege nicht regeneriren; würde man sie kochen, so würde zu viel Alkali auftreten, die Lösung würde zu roth werden. Daher womöglich keine chemische Neutralisation!

Etwas anderes ist das Rötherwerden sogar einer frisch bereiteten Reagenslösung beim Kochen, wenn zur Bereitung CO_2-haltiger Alcohol verwendet wurde oder CO_2-haltiges destillirtes Wasser, das nicht oder schon vor langer Zeit abgekocht wurde; dann ist das Rötherwerden, verursacht durch die Wiedergewinnung latent gewordenen Alkalis, sehr am Platze und man kann jedesmal, wenn eine solche Lösung durch Kochen röther wird, mit Sicherheit CO_2-haltiges Lösungsmittel diagnosticiren.

Man darf solche Reagenslösungen wie das destillirte Wasser nie in einem Glasgefäss kochen. In jedem Falle, wo man auf spätere Regeneration der Reagenslösung durch Kochen reflectirt, ist es geboten, sich davon zu überzeugen, bevor man ein destillirtes Wasser verwendet, ob dasselbe nicht latent alkalisch ist.

30. Das destillirte Wasser prüft man auf latente Alkalität, indem man es unter Zusatz einiger Tropfen Phenolphtaleinlösung 5 Minuten lang in einem Metallgefäss stark kocht; es darf keine Rothfärbung eintreten.

31. Zusammenfassung: Man koche gelegentlich grössere Mengen chemisch reines destillirtes Wasser, von dem man eine Probe auf latente Alkalität geprüft hat, ab und bewahre es in wohl verschlossenen Flaschen auf. Daraus bereitet man sich mit Hülfe von 0,100 krystallisirter Soda und der entsprechenden Menge Phenolphtalein („Luftprüfungs-Kapsel") entweder direct die Reagenslösung oder, bequemer für die folgenden Male, zuvor eine Mutterlösung, welche Jahre lang haltbar ist. Hält die Reagenslösung die „Verdünnungsprobe" (S. 45) nicht, dann ist immer noch Zeit sie zu kochen. Gebrauchte Reagenslösung schütte man nicht weg, sondern zu der entsprechenden zu kochenden Reagenslösung. Man koche nur in nicht emaillirten Metall-, niemals aber in Glasgefässen.

Zu der aus Soda bereiteten, und zwar frisch bereiteten $^1/_1$-Reagenslösung beispielsweise, welche man der Vorsicht halber in der bezeichneten Weise regeneriren wollte, könnten unbedenklich hinzugegeben werden unter anderen:

1) Ein alter Rest $^1/_1$-Reagenslösung, bereitet aus Soda.

2) Eine beliebige Sammel-Menge bereits gebrauchter $^1/_1$-Reagenslösung, bereitet aus Soda.

3) Ein alter Rest verdorbener $^1/_1$-Reagenslösung, bereitet s. Zt. durch Regeneration aus Ka-Bicarbonat.

4) Eine beliebige Sammel-Menge bereits gebrauchter, neutralisirter letzterer $^1/_1$-Reagenslösung.

5) Eine beliebige Menge noch unregenerirter, zur Regeneration erst bestimmt gewesener procent-aequivalenter $^1/_1$-Ka-Bicarbonatlösung.

6) Ein alter Rest verdorbener $^1/_1$-Reagenslösung, bereitet aus Mg-Carbonat.

7) Eine beliebige Sammel-Menge bereits neutralisirter, gebrauchter letzterer $^1/_1$-Reagenslösung.

Auch aus diesem Lösungs-Gemisch wird durch Regeneration (Reconstitution) in der bezeichneten Weise, **exacte** $^1/_1$-Reagenslösung gewonnen.

IV. THEIL.

LUFTPRÜFUNGEN

AUF

KOHLENSÄURE

IN

BESONDEREN FÄLLEN.

32. Fast in allen Fällen sind 2 ccm der als normal gewählten Concentration das richtige Maass wenigstens für Vorprüfungen der Zimmerluft. In zweiter Linie wird man zuweilen, wenn die Luft CO_2-arm ist, zu nur 1 ccm der $^1/_1$-Lösung greifen, wofür dann Tabelle **6** oder Diagramm **II** nachgeschlagen, oder mit der Ccm-Zahl gebrauchter Luft statt in 31,31 [1]) in 31,31:2 [2]) dividirt werden kann. Vorzuziehen ist die Verwendung einer Lösungsmenge von 2 ccm, und man bereitet sich besser in solchen Fällen $^1/_2$-Lösung beziehungsweise $^1/_3$-Lösung, um ebenfalls 2 ccm Lösung zu verwenden und dann in 31,31:2 beziehungsweise 31,31:3 [3]) mit der Ccm-Zahl gebrauchter Luft zu dividiren oder aber Diagramm **VIII** bezw. **IX** zu benutzen.

Aus der umstehenden „Uebersicht für niedere CO_2-Gehalte“ **(33)**, kann man sich einigermaassen über die passende Verwendungsweise dieser verschiedenen Lösungen orientiren; man vergleiche übrigens die Tabellen **5—7, 8—10** (S. 95 f.) und die Diagramme am Schluss dieses.

Das eigentliche Gebiet hygienischer Luftanalysen auf CO_2 sind zwar geschlossene Räume und hier erwecken im allgemeinen CO_2-Gehalte unter 0,7 ‰ kein hygienisches Interesse mehr, wohl aber entschieden im Freien eine Luft, wenn sie mehr als 0,4 ‰ CO_2 enthält. In der atmosphärischen Luft beobachtet man im allgemeinen „überall den gleichen Gehalt von 0,25 bis 0,3 ‰“ (FLÜGGE). „Eine kleine Verminderung tritt vielleicht in der Nähe ausgedehnter Waldungen zu Tage“*). Früher gab man den mittleren CO_2-Gehalt der atmosphärischen Luft etwas höher an; H. VIERORDT nennt als Mittel „0,03—0,04 Volumprocente“ und fügt hinzu: „Genauer wird die Kohlensäure angegeben mit 0,0318 auf freiem Feld und mit 0,0385 im Innern der Städte“**). Der Grund für die früheren höheren Angaben liegt daran (UFFELMANN), „dass fast jeder, der sich mit der

[1]) Genauer Dividend für 2 ccm $^1/_1$-Lösung = 31,30716.

[2]) „ „ „ „ $^1/_2$-Lösung = 15,65358.

[3]) „ „ „ „ $^1/_3$-Lösung = 10,43572.

*) FLÜGGE, Grundriss der Hygiene, 1889, S. 153 (1891, 2. Aufl., S. 139).

**) H. VIERORDT, Medicinische Daten und Tabellen, 1888, S. 272. — Die beiden Zahlen sind übrigens daselbst, wahrscheinlich durch ein Druckversehen, vertauscht angegeben, wörtlich heisst es: 0,0385 auf freiem Feld und 0,0318 im Innern der Städte.

33. Uebersicht für niedere Kohlensäure-Gehalte

unter durchgehender Addition von + 1/10 Kohlensäure auf Rechnung von Temperatur und Barometerstand. (Die Ablesungen für Untersuchungen, welche bereits in Luft von 0° und 760 mm Hg ausgeführt sind oder bei welchen specieller eine exacte Reduction vorgenommen werden soll, finden sich unterhalb in kleineren Lettern beigefügt.)

Kohlensäure	Ablesungen auf dem Cylinder, ccm bei Neutralisation von 2 ccm:		
‰:	1/1-Lösung:	1/2-Lösung:	1/3-Lösung:
0,20 ‰			**59,50** ccm 54,25
0,25			**48,00** * 43,75
0,30		**59,50** ccm 54,25	**40,25** 36,75
0,35		**51,25** 46,75	**34.75** ** 31,75
0,40		**45,00** 41,25	**30,75** 28,00
0,45		**40,25** 36,75	**27,50** 25,25
0,50		**36,50** 33,25	**25,00** 22,75
0,50		**36,50** 33,25	**25,00** 22,75
0,55		**33,25** 30,50	**22,75** 21,00
0,60	**59,50** ccm 54,25	**30,75** 28,00	**21,25** 19,50
0,65	**55,00** 50,25	**28,50** 26,00	**19,75** 18,00
0,70	**51,25** 46,75	**26,50** 24,25	**18,50** 17,00
0,70	**51,25** 46,75	**26,50** 24,25	**18,50** 17,00
0,75	**48,00** 43,75	**25,00** 22,75	**17,25** 16,00
0,80	**45,00** 41,25	**23,50** 21,50	**16,25** 15,00
0,85	**42,50** 38,75	**22,25** 20,50	**15,50** 14,25
0,90	**40,25** 36,75	**21,25** 19,50	**14,75** 13,50
0,95	**38,25** 35,00	**20,25** 18,50	**14,00** 13,00
1,00	**36,50** 33,25	**19,25** 17,75	**13,50** 12,50

Kohlensäure	Ablesungen auf dem Cylinder, ccm bei Neutralisation von 2 ccm:		
‰:	1/1-Lösung:	1/2-Lösung:	1/3-Lösung:
1,00 ‰:	**36,50** ccm 33,25	**19,25** ccm 17,75	**13,50** ccm 12,50
1,10	**33,25** 30,50	**17,75** 16,25	**12,50** 11,50
1,20	**30,75** 28,00	**16,25** 15,00	**11,50** 10,75
1,30	**28,50** 26,00	**15,25** 14,00	**10,75** 10,00
1,40	**26,50** 24,25	**14,25** 13,25	**10,25** 9,50
1,50	**25,00** 22,75	**13,50** 12,50	**9,75** 9,00
1,60	**23,50** 21,50	**12,75** 11,75	**9,25** 8,50
1,70	**22,25** 20,50	**12,25** 11,25	**8,75** 8,25
1,80	**21,25** 19,50	**11,50** 10,75	**8,50** 7,75
1,90	**20,25** 18,50	**11,00** 10,25	**8,00** 7,50
2,00	**19,25** 17,75	**10,50** 9,75	**7,75** 7,25
2,00	**19,25** 17,75	**10,50** 9,75	**7,75** 7,25
3,00	**13,50** 12,50	**7,75** 7,25	**5,75** 5,50
4,00	**10,50** 9,75	**6,25** 6,00	**4,75** 4,50

Anmerkung. Die { } bedeuten: dass es unpractisch wäre, mit der betreffenden, oberhalb bezeichneten Lösung die den eingeklammerten Ccm-Zahlen entsprechenden Kohlensäuregehalte festzustellen. — Es ist für besondere Verhältnisse practisch, die Theilung in 1/2 ccm auf dem (gleichcalibrischen) Cylinder von 50 bis 60 zu ergänzen: man copire zu diesem Zwecke die Theilung von 40 bis 50 auf gummirtem Papier (Markenpapier). Da Theilung in 1/2 ccm vorhanden ist, auf 1/4 ccm aber eingestellt werden kann, so befinden sich also beispielsweise für 1/2-Lösung zwischen den 48,00* ccm und 34,75** ccm von oben, vgl. Abbildung Seite 24, welche einem **Kohlensäuregehalte von 0,25 bis 0,35‰** entsprechen, 26 wirkliche Theilstriche = 52 verschiedene Einstellpunkte; will man, was für practische Zwecke Vielen genügt, mit einer Genauigkeit von 1/10 Promille sich begnügen, das heisst für ein Endresultat von 0,3‰: **war man zufrieden damit, zu erfahren, ob die Luft „0,3" oder „0,4" oder „0,5" u. s. w. ‰ Kohlensäure enthielt, so waren 52 (!) Einstell-Punkte gleichwerthig.** Das ist überaus vortheilhaft. Man soll daher die Lösung womöglich immer so wählen, dass der ungefähr erwartete CO_2-Gehalt auf der Scala möglichst hoch rückt. — Für niedrige CO_2-Gehalte ist es practisch, gleichzeitig verschiedene Cylinder auf verschiedene im voraus calculirte CO_2-Gehalte einzustellen.

Bestimmung dieses Gases in der Luft beschäftigt, zuerst, ehe er sich vollständig eingeübt hat, auch jetzt noch, wo wir die meisten Fehlerquellen kennen, anfänglich höhere Werthe bekommt, als später"*). Ich möchte den Satz aufstellen:

1) **Strassenluft,** das heisst die Luft einer „bestimmten" Strasse oder Gasse ist **hygienisch minderwerthig,** wenn sie ein höheres wirkliches Mittel als 0,35 ‰ CO_2 hat; oder (da einerseits die Feststellung eines genauen Mittels langwierige Arbeiten zur Voraussetzung hat, andererseits aber bei einem einzelnen Versuche subjective und insbesondere objective Fehlerquellen**) zu wenig ausgeschlossen sind): wenn sich in ihr aus zwei zeitlich auseinanderliegenden Versuchen ein höheres Mittel als 0,4 ‰ CO_2 ergiebt.

2) Die freie Luft eines **Häusercomplexes** (Dorf, Stadtbezirk, Stadt) ist **hygienisch minderwerthig,** wenn sich in ihr, aus verschiedenen auch nur einzelnen Versuchen in verschiedenen Strassen von der daselbst üblichen mittleren Strassenbreite, ein höheres Mittel als 0,4 ‰ CO_2 ergiebt.

So ist z. B. zu Algier die Luft nach meinen Versuchen, von denen im V. Theil einige diessbezügliche angegeben, im europaeischen Stadttheil und speciell in der dortigen Rue de la Liberté (V. Theil unter **41.** III) eine vorzügliche; im türkischen Stadttheil, der sich unter anderem durch unglaubliche Unreinlichkeit und enge Gässchen characterisirt, speciell in der dortigen Rue Sainte (V. Theil unter **41.** IV) eine hygienisch äusserst minderwerthige. Da aber der türkische Stadttheil in Algier nur den kleineren Theil der Stadt einnimmt, so kann man die Luft in Algier im allgemeinen als hygienisch durchaus nicht minderwerthig bezeichnen.

*) Uffelmann, Handbuch der Hygiene, 1890, S. 32.

**) Beispiele einer subjectiven Fehlerquelle (welche direct am Untersucher und seinem Apparat nebst Reagenslösung etc. liegt): Zu geringe Uebung des Untersuchers im Titriren; Verdorbensein der Reagenslösung. Beispiele einer objectiven Fehlerquelle (die am untersuchten Object, der Luft liegt): Anormale Luftströmungen, z. B. wenn man den CO_2-Gehalt der Luft in einer engen Strasse ermitteln will und bei kühler Aussentemperatur die Luftprobe zufällig nahe einem geöffneten Kellerfenster, bei warmer Aussentemperatur zufällig unmittelbar unter einem geöffneten Parterrefenster entnommen hat; ferner z. B. Windrichtung, da der Wind, zufällig nach abwärts gerichtet, auch einmal von einem Dache unauffällig etwas Rauch mitführen kann.

Je weniger CO_2 auch die Luft im Freien enthält, als um so besser ist sie aufzufassen, und am besten enthält sie nie mehr als 0,3 ‰. Im Freien jedoch noch weniger als in geschlossenen Räumen, daran muss man festhalten, ist die CO_2 an sich ein „Luftgift", als was sie seit LAVOISIER (1785) vielfach, ohne dass man den Namen brauchte, fälschlich aufgefasst wurde*), bis sie 1890 von GRÉHANT**) geradezu so genannt wurde. Das oft citirte sogenannte „Anthropotoxin" DU BOIS-REYMOND's ist ein Name für jene schädlichen Respirations- und Perspirations-Producte, welche nach PETTENKOFER ursprünglich allerdings nur für geschlossene Räume, proportional der vom Organismus ausgeschiedenen CO_2 sich ansammeln; also ein Name für einen Stoff, dessen chemische und physikalische Natur unbekannt ist***), wie DU BOIS-REYMOND selber betont, der sich darüber gewundert haben soll, wie das beiläufig ausgesprochene Wort in der Litteratur allgemein aufgegriffen worden sei.

34. In überfüllten Räumen ergiebt die mit 2 ccm der $^1/_1$-Lösung vorgenommene erste Prüfung manchmal CO_2-Gehalte von 3 bis 4 Promille und mehr. Der Natur der Sache nach lässt sich bei keiner Methode gleich genau auch für extreme CO_2-Gehalte die nämliche Concentration und Menge der Reagenslösung benutzen wie unter normalen Umständen; man muss für extreme Verhältnisse, will man genaue Resultate erzielen, bei jeder Methode der CO_2-Bestimmung entweder die Concentration oder die Menge der Reagenslösung variiren. Bei meiner Methode nehme man zur genaueren Feststellung sehr hoher CO_2-Gehalte entweder stärkere Lösungen, $^2/_1$ bis $^5/_1$ und höher[1]) oder auch eine entsprechend grössere Menge der $^1/_1$-Lösung[2]); grössere Flüssigkeitsmengen als 2 ccm empfehlen sich im allgemeinen nicht, über 10 ccm wird man nicht gern

*) „Bericht über die VI. Generalversammlung des Vereins für Gesundheitstechnik". München, 1886. Seite 8. Vgl. auch: „Bericht über die XV. Vers. des D. V. für öff. Gesundheitspflege". Braunschweig, 1890. Seite 141 u. 143.

**) GRÉHANT, Les „Poisons de l'Air". L'acide carbonique et l'oxyde de carbone. Paris, 1890. 320 S.

***) Die Resultate der Injectionsversuche von BROWN-SÉQUARD und D'ARSONVAL (Comptes rendus 1888, tome 106: »Recherches démontrant que l' air expiré par l'homme et les mammifères, à l' état de santé, contient un agent tonique très puissant«) sind nach den Untersuchungen von LEHMANN in Würzburg zweifelhaft (LEHMANN, Würzburger Sitzungsberichte 1889; LEHMANN und JESSEN, Archiv für Hygiene 1890, Band X).

[1]) Vgl. die Tabellen **9** und **10** S. 96, auch Diagr. **V** S. 114 f.

[2]) Vgl. die Tabellen **7** und **8** S. 95 f., auch Diagr. **III** S. 109.

hinausgehen. Denn die Berührungsoberfläche der Flüssigkeitstheilchen gegen die Cylinderluft während des Umschüttelns, wächst nicht in gleichem Verhältniss; und würde man, was angeht, statt zu schütteln, einige Stunden den Cylinder stehen lassen, so wäre diese Berührungsoberfläche von 10 und von 20 und mehr ccm, immer genau die gleiche wie von 2 und 1 ccm. Bei grossen Flüssigkeitsmengen lässt sich die Flüssigkeit in einigen Minuten gar nicht neutralisiren; nimmt man grosse Cylinder von ½ Liter bis 1 Liter Inhalt (ich habe mit solchen Versuche angestellt), so reicht überdiess die Kraft der meisten Menschen nicht aus, um die Flüssigkeit einige Minuten lang gehörig, das heisst: so, dass die Flüssigkeit schaumig wird, zu schütteln; das ist aber nothwendig, wenn man innerhalb kurzer Zeit vollständige Absorption erreichen und damit rechnen will. *Entsprechende Kleinheit des Apparates ist also bei einer directen Luft-Titration wesentlich zur Erreichung genauer Resultate* (Vgl. S. 45).

Findet man einmal wie Verfasser, bei Luftanalysen gelegentlich der II. Allgemeinen Sitzung des X. Internationalen Medicinischen Congresses zu Berlin*), die freilich von ungefähr 6000 Personen besucht war, zu seiner Ueberraschung die Farbreaction für 2 ccm $^1/_1$-Lösung auf kurzes Umschütteln hin momentan eintreten, wenn noch nicht bis zur CO_2-Marke von 4 Promille Luft zugegeben ist und man führt keine andere Lösung mit sich, so kann man etwa wie ich damals 10 ccm $^1/_1$-Lösung nehmen und wird dann ebenfalls genaue Resultate erhalten; der CO_2-Gehalt berechnet sich alsdann durch Division der gebrauchten Luftmenge in $5 \times 31{,}31$ oder wird aus Tabelle 7 Seite 95 abgelesen, oder es wird Diagr. III S. 109 benutzt.

35. Bei den ausserordentlich hohen CO_2-Gehalten von 30 Promille und mehr, mit denen man bei Untersuchung der Bodenluft sowie der Luft in Weingährkellern, ferner in Presshefefabriken und Eisfabriken zu thun hat, wie man dieselben auch in ungereinigtem Steinkohlengas zu finden erwartet, kann man jedesmal 10 ccm einer durch Auflösung von 1 Kapsel nicht in 500, sondern in 100 ccm Wasser bereiteten Reagenslösung verwenden, wofür sich dann der CO_2-Gehalt durch Division der gebrauchten Luftmenge (ccm) in $25 \times 31{,}31$ berechnet. Für Lungenluft ist die gleiche Reagenslösung ebenfalls ge-

*) Vgl. das Diagramm IV auf Seite 111.

eignet; nach VIERORDT*) enthält die Ausathmungsluft 33—55, im Mittel 43 Promille CO_2 (normales ruhiges Athmen vorausgesetzt).

36. Der Luftprüfer lässt sich besonders auch als Leuchtgas-**Prüfer** benutzen. Der CO_2-Gehalt ist ein Maassstab für die Qualität auch des Leuchtgases. Nach RÜDORFF, welcher sich um die Leuchtgas-Photometrie überhaupt sehr verdient gemacht hat und dessen Beobachtungsresultate sich allgemeiner Anerkennung erfreuen, schwächt jedes Procent CO_2 im Gase dessen Leuchtkraft um nahezu 6 Procent; W. OECHELHÄUSER in Dessau, der Begründer der deutschen Gasstatistik (Generaldirector der deutschen Continental-Gasgesellschaft), fand, dass jedes Procent CO_2 bei gewöhnlichem Kohlengas die Leuchtkraft einer Flamme von 5 Cubikfuss ($^5/_{32}$ cbm) um eine Lichtstärke (Stearinkerze von $^1/_{12}$ kg Gewicht) vermindert. Es mag sein, dass die Technik den Gasanstalten, wie dieselben zum Theil entgegenhalten, wirklich heute noch keine allgemein realisirbaren Mittel an die Hand giebt, das Leuchtgas vollständig von CO_2 zu befreien und man mag sich daher zufrieden geben, wenn das gereinigte Leuchtgas nicht mehr als 4 Promille CO_2 besitzt. Uebrigens sagte bereits vor bald 20 Jahren ein Gasdirector selber in einem Buche, das auf Grundlage einer vom „Verein der Gasfachmänner Deutschlands" preisgekrönten kürzeren Schrift bearbeitet ist: „Durch das Kalkhydrat wird die im Rohgase enthaltene Kohlensäure vollständig daraus entfernt" und: „Der 4. Reiniger oder 2. Kalkreiniger vollendet die ganze Gasreinigung durch Aufnahme der letzten Spuren dem Gase etwa noch verbliebener Kohlensäure"**); übrigens hat ferner LANDOLT im Heidelberger Leuchtgas, zu Zeiten eines nach Möglichkeit geordneten Betriebes, zweimal nur so geringe Spuren von CO_2 gefunden, dass er die Mengen bei einer mit Berücksichtigung noch von $^1/_{10}$ Promille erfolgenden Rechnung mit Null einsetzt***). Wenn es aber vorkommt, dass an

*) „Physiologie des Athmens mit besonderer Rücksicht auf die Ausscheidung der Kohlensäure. Nach eigenen Beobachtungen und Versuchen von KARL VIERORDT, Med. Dr. Mit einer Steindrucktafel." Karlsruhe, 1845.

**) „Die Gasindustrie der Gegenwart. Von W. ILGEN, Ingenieur und technischer Dirigent des städtischen Gaswerks zu Ludwigshafen a. Rh. Mit 42 Abbildungen und zahlreichen Tabellen." Leipzig, 1874. Seite 94 u. 98.

***) „Ausführliches Lehrbuch der pharmaceutischen Chemie. In zwei Bänden. Von Professor Dr. ERNST SCHMIDT in Halle." Braunschweig, 1881. Zweiter Band, Organische Chemie, Seite 94.

manchen Orten und zu manchen Zeiten das Gas, das sonst am selben Brenner sehr hell brannte, so schlecht brennt, dass man kaum dabei lesen kann, und es finden bei Analysen dieses „gereinigten" Leuchtgases*) nach verschiedenen Methoden, auch der PETTENKOFER'schen, verschiedene Beobachter 25 bis 35 Promille (ich spreche von thatsächlichen Verhältnissen), so ist soviel klar: dass der Consument dann in sanitärem Interesse ein wohl motiviertes Recht dazu hat, besseres Leuchtgas zu verlangen; besitzt das Leuchtgas im speciellen Falle, wie schlecht es auch brennen mag, immer noch die „bei Privatbetrieb in den Concessionsbedingungen, bei Gemeinde-Gasanstalten durch Verordnung" (SALOMONS) vorgeschriebene Leuchtkraft, so sind die behördlicherseits in jenem speciellen Falle gestellten Anforderungen mit Unrecht zu geringe, denn das Gas brauchte nur besser gereinigt zu werden, um mindestens 12—18 Procent nicht nur heller zu brennen, sondern auch mehr werth zu sein. „Was bezeichnet theueres Gas? In „dem Mund des Gasconsumenten bezeichnet es einen hohen „Preis für den Cubikmeter. Ohne den Factor Leuchtkraft kann „man indessen aus dem Preis für den Cubikmeter durchaus nicht „schliessen, ob das Gas theuer oder billig ist, mit anderen „Worten: das Gas in der Stadt A zu 15 Pfennig der Cubik-„meter kann theurer sein als dasjenige in der Stadt B zu „18 Pfennig"**). Abgesehen davon kommt noch in Betracht, dass es nicht nur die verbrannte Menge Leuchtgas ist, welche in den von vielen Gasflammen beleuchteten Räumlichkeiten jene excessiven CO_2-Gehalte erzeugt, auch die gleichzeitig unverbrannt austretende CO_2 trägt ihr Theil dazu bei. Die CO_2 ist erstens nicht verbrennlich, zweitens schwächt sie die Leuchtkraft, und drittens wird sie mitbezahlt als ob sie selber Leuchtgas wäre; man mag daher zufriedener sein, für ein Cubikmeter wirklich gut gereinigtes Leuchtgas 20 Pfennig zu bezahlen als für ein Cubikmeter schlecht gereinigtes 15 Pfennig.

*) „Aus dem Steinkohlen-Rohgase sind selten mehr wie 3 Procent Kohlensäure durch die Reinigung zu entfernen" ILGEN, l. c. pg. 100. (Das heisst nach dem Zusammenhange: Steinkohlen-Rohgas enthält ungereinigt selten mehr als 3 Procent Kohlensäure.)

**) „Practische Winke für Gasconsumenten von C. T. SALOMONS, Director einer der beiden Gemeinde-Gasanstalten zu Rotterdam. Mit Genehmigung des Verfassers aus dem Holländischen übersetzt von FRIEDRICH LUX." Mainz, 1885. S. 9.

37. Wenn man in verschiedener Zimmerhöhe den CO_2-Gehalt der Luft feststellen will, so führe man einen Gummischlauch in die betreffende Zimmerhöhe z. B. an die Decke, sauge am Hand-Ende mittels eines eingesteckten Glasröhrchens aus, entferne das Glasröhrchen und stecke den Schlauch sofort auf das freie Ende der bis auf den Flüssigkeitsspiegel der Reagenslösung eingeführten Kolbenstange. Wie man mit dem Bandhygroskop*) anschaulicher zwar, aber weniger exact, die relative Feuchtigkeit der Luft an der Decke geringer als die am Fussboden findet, obwohl feuchte Luft specifisch leichter ist als trockene von gleicher Temperatur und Spannkraft, so findet man in bewohnten Räumen, die auf gewöhnliche Art geheizt oder nur durch Personen und Flammen erwärmt sind, mit dieser Vorrichtung den CO_2-Gehalt der Decken-Luft höher als den der Fussboden-Luft, obwohl die CO_2 1½mal**) specifisch schwerer als die Luft ist. Die CO_2 wird nämlich mit den wärmeren Exhalations- und Beleuchtungs-Producten in die Höhe geführt, und die relativ trockene Deckenluft ist höher temperirt.

Derselbe Kunstgriff mit dem angesteckten Schlauch lässt sich anwenden, wenn man, was bisher nicht geschehen ist, wahrscheinlich weil man keine passende Methode dafür hatte, den CO_2-Gehalt der Luft zwischen Haut und Bekleidungsstücken ermitteln wollte. Ich vermuthe, würde man unter Berücksichtigung verschiedener Factoren solche Untersuchungen ausführen, man würde zu ähnlich interessanten, vielleicht für die Bekleidungs-Hygiene nicht minder wichtigen Schlüssen gelangen wie WURSTER, der 1888 zuerst als die normale relative Feuchtigkeit der Hautluft 30% nachwies***). Denn es giebt

*) HCH. WOLPERT: „Continuirliche Prüfung der Luftfeuchtigkeit in verschiedener Zimmerhöhe" in der Zeitschrift: „Practische Physik" 1889, Heft III.

**) Genauer beträgt (bezogen auf atmosphärische Luft von 0° und 760 mm Hg = 1) das sp. G. der CO_2 = 1,51968 nach den zuverlässigen LANDOLT-BÖRNSTEIN'schen „Physikalisch-chemischen Tabellen", Berlin 1883 (2. Aufl. in Vorbereitung), Seite 77; = 1,520 abgerundet nach F. KOHLRAUSCH's „Leitfaden der practischen Physik", Leipzig 1887, Seite 335; = 1,5290 nach H. VIERORDT (1888) a. S. 53. a. O. Seite 274.

***) Dr. CASIMIR WURSTER (Berlin): „Ueber ein Hygrometer in kleinem Formate zur Untersuchung des künstlichen Klima's des bekleideten Körpers" in: „Zeitschrift für Hygiene" III. Band, 1888, Seite 466—468.

FLÜGGE, Grundriss der Hygiene, 1889, S. 333.

UFFELMANN, Handbuch der Hygiene, 1890, S. 314.

ja Menschen, welche zum Transspiriren sehr wenig disponirt sind, in deren Hautluft unter Umständen aber ein, das festzustellende Mittel überschreitender CO_2-Gehalt und somit eine, durch Hemmung des Ausgleichs das Wohlbefinden störende Ansammlung schädlicher Perspirations-Produkte (PETTENKOFER) eintreten könnte.

38. Eine angenehme Beigabe, bedingt durch constructive Détails der neuen Methode, besteht in der Möglichkeit, an Orten, wo man nicht Willens oder in der Lage ist Luftprüfungen zu Ende zu führen, unbemerkt Luftproben entnehmen und später, noch nach Monaten zu Hause in aller Ruhe erledigen zu können. Die Luftprobe entnimmt man, einfach indem der auf den Boden des Cylinders aufstossende Kolben in die Höhe gezogen wird; das kann vollständig unbemerkt geschehen, wie ich mich bei zahlreichen Gelegenheiten, z. B. auf der Reise, in Schulen, Wirthschaften, bei Versammlungen, in Theatern, dann auf offener belebter Strasse u. s. w. überzeugt habe. Der Apparat braucht nicht einmal aus dem Etui genommen zu werden, da dasselbe einen dafür berechneten kleinen Ausschnitt zum Hervorziehen der Kolbenstange hat; und der, durch Hervorziehen der Kolbenstange, in seiner Höhe fast verdoppelte Apparat ist immer noch compendiös genug, um in der Rocktasche Platz zu finden. Will man nun die Luftprüfung ausführen, so bedarf man freilich noch eines zweiten Apparates, und man verfährt dann folgendermaassen: Mit dem Schlauch von der Pipette steckt man die Kolbenstange des einen Apparates, in dem bis dahin die durch Aufzug des Kolbens eingeführte Untersuchungsluft mittels des aufgesteckten Gummikäppchens abgeschlossen war, an die Kolbenstange des andern, welch' letztere nach Einfüllung von Reagenslösung bis auf diese hinuntergeschoben wurde; man presst nun vor jedem Schütteln Luft, ccm-weise oder in grösseren Mengen, aus dem einen Cylinder in den andern über, lässt aber die Apparate während des Schüttelns verbunden, damit auch nicht der geringste Theil einer andern Luft inzwischen eintrete. Im Besitze einer grösseren Anzahl Apparate mag man eine grössere Anzahl Cylinder voll Luft zusammenkommen lassen, um sie gelegentlich auf einmal abzuthun.

Aus der Mitte des 15 km (genauer 14912 m) langen St. Gotthard-Tunnels, zwischen Göschenen und Airolo habe ich

auf diese Weise am 8. Juni 1889 Luftproben entnommen und damit bei Gelegenheit, 6 Wochen später zu Hause die Luft geprüft; als CO_2-Gehalt ergab sich 9,8 Promille.

39. Ausser diesem Verfahren des successiven Luftüberfüllens steht zu dem gleichen Zweck noch ein anderes, nur einen Apparat erforderndes, zu Gebote, das einer primär ungenügenden Luftzufuhr zu der bereits im Cylinder befindlichen Reagenslösung. Ersteres Verfahren erfordert besonders exact gearbeitete Apparate, und der Natur der Sache nach kann das letztere nur der einigermaassen Geübte einschlagen: man muss da im voraus schon wissen, wieviel CO_2 man höchstens ungefähr zu erwarten hat; verrechnet man sich nach aufwärts, so ist der ganze Versuch gescheitert und würde man gar zu weit nach unten irren, der Luft über Gebühr wenig CO_2 zumessend, so könnte man leicht ungenaue Werthe erhalten. Es kommt also bei dem zweiten Verfahren darauf an: möglichst soviel Luft gleich primär zuzugeben, dass die Reagenslösung möglichst blassroth, aber ja nicht wasserhell wird; und alsdann beliebig später, zu Ende zu titriren mit Luft von gekanntem, beziehungsweise möglichst zu gleicher Zeit und an gleichem Orte nebenher festzustellendem CO_2-Gehalt.

Es sei:

a = Luftzufuhr I, Ccm-Zahl
b = „ II, Ccm-Zahl
c = CO_2-Gehalt von II, ‰

so berechnet sich der gesuchte primäre CO_2-Gehalt x, von Luftzufuhr I, in ‰ aus:

$$x = (31{,}31 - bc) : a.$$

40. Die Reagenslösung, welche im allgemeinen durch 31,31 Tausendstel ccm CO_2 neutralisirt wird, muss hier neutralisirt werden durch die Summe:

$a \times x$ Tausendstel ccm CO_2
$+ b \times c$ „ „ „
$a \times x + b \times c$ „ „ „ $= 31{,}31$;

hieraus ist:

$x = (31{,}31 - bc) : a$, wie oben angegeben.

Ebenso logisch gelangt man auf dieselbe Formel nach folgender Erwägung:

In jedem Falle werden gleich viele röthende Theilchen gebleicht; Wir können uns diese constante Anzahl röthender

Theilchen in eine beliebige Anzahl, etwa 3131 gleich grosser Gruppen geordnet denken, sodass für einen CO_2-Gehalt von 1‰ bei 31,31 ccm Luftbedarf, je 100 Gruppen röthender Theilchen durch je 1 ccm Luft gebleicht werden;

Sei nun:

Luftzufuhr I = **a** ccm bei einem CO_2-Gehalte von x‰
„ II = **b** ccm „ „ „ „ c‰,
so werden von den 3131 Gruppen röthender Theilchen
durch **b** ccm Luft gebleicht 100 b c „ „ „

also durch **a** ccm Luft der Rest 3131 — 100 b c Gruppen.
Durch **y** ccm „ 3131 Grupp. im gleich. Verhältniss.

$$y : 3131 = a : (3131 - 100\,bc)$$
$$y = 3131\,a : (3131 - 100\,bc)$$
$$x = 31{,}31 : y \;(=\text{allg. Formel, s. unter } \mathbf{8} \text{ S. 10.})$$
$$= 31{,}31 : [3131\,a : (3131 - 100\,bc)]$$
$$= 31{,}31\;[(3131 - 100\,bc) : 3131\,a]$$
$$= (3131 - 100\,bc) : 100\,a$$
$$= (31{,}31 - bc) : a, \text{ ebenfalls w. ob. angegeben.}$$

Sonder-Formeln.

Aus der Hauptformel für x leiten sich leicht Sonderformeln ab, besonders brauchbar folgende:

$x_1 = 3{,}131 - 0{,}1\,b$, für den Sonderfall a = 10 ccm und c = 1‰
$x_2 = 3{,}131 - 0{,}05\,b$, „ „ „ a = 10 ccm und c = 0,5‰.

Eine etwas ungenaue CO_2-Bestimmung der secundären Luftmenge hat keinen wesentlichen Einfluss auf das gesuchte Endresultat, wenn man nur sonst regelrecht vorgegangen ist. Ein Beispiel wird das erläutern.

Es sei:

$a = 10$
$b = 5$
$c = 0{,}50;$

dann ist nach der Formel für x_2:

$$x = 3{,}131 - 0{,}05 \times 5$$
$$= 3{,}131 - 0{,}25$$
$$= 2{,}88‰\ CO_2;$$

für c = 0,40 unter im übrigen gleichen Umständen:

$$x = 3{,}131 - 0{,}04 \times 5$$
$$= 3{,}131 - 0{,}20$$
$$= 2{,}93\text{‰ } CO_2;$$

für c = 0,60 unter im übrigen gleichen Umständen:

$$x = 3{,}131 - 0{,}06 \times 5$$
$$= 3{,}131 - 0{,}30$$
$$= 2{,}83\text{‰ } CO_2.$$

Also bringt die beträchtliche Abweichung von c = 0,50 ± 0,10‰ hier nicht etwa Fehler im Verhältniss von 0,40 : 0,50 : 0,60 sondern nur von 2,83 : 2,88 : 2,93 oder =

0,49 : 0,50 : 0,51.

Vorausgesetzt man hat den richtigen Punkt getroffen, das heisst die Reagenslösung ist durch die primäre Luftzufuhr blassroth geworden, so geht es daher sehr wohl an, die **CO_2-Bestimmung der Luftzufuhr II sich ganz zu sparen,** indem man zu Ende titrirt bei Tageslicht in der Binnenluft eines mittelgrossen Zimmers, in welchem sonst niemand sich aufhält, bei geschlossenem Fenster und den CO_2-Gehalt (c) dieser Binnenluft mit 0,5 in Rechnung setzt; weniger als 0,4‰ und mehr als 0,6‰, mit welchen Abweichungen oben gerechnet, wird man unter solchen Verhältnissen nicht oft im Zimmer haben und auch dann wäre, in den Grenzen jeder Möglichkeit, nach obiger Ueberlegung der Fehler immer noch belanglos. Eine Sonderformel wie die für x_2 angegebene ist also practisch sehr verwerthbar.

Es ist practisch empfehlenswerth, in derselben Luft, in der man mit „Zuluft" zu Ende titriren will, gleich von vornherein „Vorluft", etwa 3 oder 8 ccm Luft zu 2 ccm Lösung zuzugeben, also gleich von vornherein etwa auf 5 oder 10 ccm einzustellen, man addirt sodann diese 3 oder 8 ccm zu **b**.

Will man die secundäre Luft **b** („Zuluft" und „Vorluft") direct dem Freien entnehmen, so setzt man im allgemeinen in die Formel für x_2 statt 0,05 0,03 ein; in diesem Falle ist alsdann in der Regel die Fehlerbreite noch eine engere als im Verhältniss von 49 : 50 : 51.

V. THEIL.

RESULTATE.

41. Einige CO_2-Bestimmungen in und bei grösseren Städten (unter Reduction auf 0° und 760 mm Hg). Die Bruchzahlen bedeuten die CO_2-Gehalte in Promille.

I. Grosse öffentliche Anlagen.

1) Berlin, Thiergarten,	23. Dec. 90	0,29	Mittel: 0,28.
2) Wien, Prater,	26. Aug. 89	0,31	
3) Paris, Bois de Boulogne,	28. Juli 89	0,27	
4) London, Hyde Park,	28. Mai 90	0,29	
5) Brüssel, Bois de la Cambre,	25. Mai 90	0,26	

II. Freie Plätze.

1) Berlin, Unter den Linden,	22. Dec. 90	0,30	Mittel: 0,30.
2) Paris, Place de la Concorde,	27. Juli 89	0,29	
3) London, Trafalgar Square,	27. Mai 90	0,32	

III. Grosse breite Strassen.

1) Berlin, Friedr.- u. Karlstr.-Ecke,	26. Oct. 88 . . .	0,30	Mittel: 0,29	Mittel: 0,30.
	3. März 89 . . .	0,32		
	6. Aug. 90 . . .	0,29		
	18. Dec. 90 . . .	0,26		
2) Paris, Boulᵈ des Italiens,	27. Juli 89	0,29		
3) London, Oxford Street,	27. Mai 90	0,32		
4) Genua, Via Carlo Alberto,	14. März 91	0,27		
5) Marseille, Rue de la Canabière,	23. März 91 . .	0,27	0,26	
	24. März 91 . .	0,27		
	25. März 91 . .	0,25		
6) Algier, Rue de la Liberté,	27. März 91 . .	0,24	0,25	
	28. März 91 . .	0,24		
	29. März 91 . .	0,27		
	30. März 91 . .	0,26		
	31. März 91 . .	0,23		
	1. April 91 . .	0,25		
	2. April 91 . .	0,25		
	3. April 91 . .	0,28		
	4. April 91 . .	0,27		

0,28 =

Gesammt-Mittel für breite Strassen.

IV. Enge Gassen.

1)	Amsterdam, Nes-Straat,	6. Juni 90	0,38
2)	Genua, Vico del Angelo,	14. März 91	0,49
3)	Algier, Rue Sainte, (türkischer Stadttheil)	4. Apr. 91	0,68 (!)

Mittel: 0,52

Zum Vergleich gleichzeitig:

Genua, Via Carlo Alberto,	14. März 91	0,27
Algier, Rue de la Liberté,	4. Apr. 91	0,27.

V. Passagen.

1)	Berlin, Kaiserpassage,	19. Dec. 90 (1) . .	0,48	0,47
		19. Dec. 90 (2) . .	0,46	
		20. Dec. 90	0,51	
		22. Dec. 90	0,42	
2)	Mailand, Galleria Vitt. Em.	13. Juni 89	0,34	0,36.
		11. März 91	0,38	

Mittel: 0,42.

VI. Ueber einer Stadt.

Paris, Eiffelthurm, 3. Etage,	28. Juli 89	0,26
Gleichzeitig am Fusse des Thurms, Marsfeld	28. Juli 89 . .	0,31

VII. Am Meeresstrand.

1)	Bei Ostende (Belgien)	26. Mai 90	0,29
2)	„ Dover (England)	26. Mai 90	0,27
3)	„ Harwich (England)	28. Mai 90	0,31
4)	„ Scheveningen (Holland)	31. Mai 90	0,28
5)	„ Genua (Italien)	17. März 91	0,28
6)	„ Nizza (Frankreich)	7. Apr. 91	0,26
7)	„ Marseille (Frankreich)	24. März 91	0,25
8)	„ Mahon, Menorka (Spanien)	26. März 91	0,24
9)	„ Algier (Afrika)	2. Apr. 91	0,24

Mittel: 0,27.

[Am Lago maggiore, bei Pallanza (Italien) 12. Juni 89 . 0,28.]

VIII. Auf offenem Meer.

1)	Ostende-Dover	26. Mai 90 . . .	0,25
2)	Genua-Marseille (Sturm, „Mistral“)	22. März 91 . . .	0,22
3)	Marseille-Algier	25. März 91 . . .	0,25
		26. März 91 . . .	0,23
		27. März 91 . . .	0,24
		4. Apr. 91 . . .	0,25
		5. Apr. 91 . . .	0,24
		6. Apr. 91 . . .	0,26

Mittel: 0,24.

IX. Geschlossene Räume.

1) Nürnberg, Versammlungslocal des Vereins für öffentl. Gesundheitspflege; gelegentlich eines Vortrags über diese Methode 2 Luftprüfungen, 23. Oct. 90: a) zu Beginn 8½ Uhr Abends, b) zu Schluss 10½ Uhr (Gasbeleuchtung) a) 2,41
b) 4,32

2) Algier, Théatre municipal, sehr besucht, (Parterre-Loge) (Gasbeleuchtung) 29. März 91 . . 0,98

3) Monte-Carlo, Spielsäle, stark bes., p.m. 8. Apr. 91 . . . 1,81
„ Concertsaal, „ „ „ 8. Apr. 91 . . . 2,35
„ Lesesaal, schwach „ „ 8. Apr. 91 . . . 0,39.

4) Berlin, 15.—23. December 1890.

Die meisten Zahlen sind Mittelwerthe. Jeweils wurde diejenige Zeit ausgesucht, zu der die betreffenden Locale erfahrungsgemäss am meisten besucht sind, z. B. bei Café Keck (altes Café Keck in der Leipzigerstrasse) die Zeiten von 2 bis 3 Uhr Nachts, bei Café Kranzler die Nachmittagszeiten u. s. w. Wurden Locale schwach besucht angetroffen und die Luft dennoch geprüft, so sind diese Versuche hier nicht aufgeführt und bei Berechnung von Mittelwerthen nicht mit in Rechnung gezogen (nur CO_2-Gehalte aus gut besuchten Localen!), man hätte sonst keinen Vergleich.

a) Cafés.

(1) Monopol.	Luftbeschaffenheit:	Noch gut. —	CO_2-Gehalt:	0,84
(2) Passage.	„	Noch gut. —	„	0,98
(3) Kaiserhof.	„	Schlecht. —	„	1,27
(4) Bellevue.	„	Schlecht. —	„	1,94
(5) Kranzler.	„	Sehr schlecht. —	„	2,26
(6) Josty.	„	Sehr schlecht. —	„	2,32
(7) Keck.	„	Sehr schlecht. —	„	2,54
(8) National.	„	Sehr schlecht. —	„	2,61
(9) Kaiserkrone.	„	Sehr schlecht. —	„	3,18
(10) Bauer.	„	Sehr schlecht. —	„	3,27

Mittel: Luftbeschaffenheit: Sehr schlecht. — CO_2-Gehalt: 2,12.

Anmerkung. Beleuchtung: (8), und (9)?, Gas; (7) Gas und electr.; sonst überall nur electrisch.

b) Restaurants.

(1) Belvedère.	Luftbeschaffenheit:	Schlecht. —	CO_2-Gehalt:	1,18
(2) Würzb. Hofbräu.	„	Schlecht. —	„	1,24
(3) Pschorrbräu.	„	Schlecht. —	„	1,51
(4) Osw. Nier, Leipz.-Str.	„	Schlecht. —	„	1,57
(5) Böhmisches Brauhaus.	„	Schlecht.	„	1,74
(6) Bötzow.	„	Schlecht.	„	1,89
(7) Franziskaner.	„	Sehr schlecht.	„	2,34
(8) Krug z. grünen Kranze.	„	Sehr schlecht. —	„	2,55
(9) Praelaten.	„	Sehr schlecht. —	„	2,63
(10) Wintergart.-Centralhôt.	„	Sehr schlecht. —	„	3,06
(11) Tunnel d. Circus Renz.	„	Sehr schlecht. —	„	3,23
(12) Weihenstephan.	„	Sehr schlecht. —	„	3,27
(13) Passage-Bierhallen.	„	Sehr schlecht.	„	3,31
(14) Siechen.	„	Sehr schlecht. —	„	3,38
(15) Zum fidelen Karzer.	„	Sehr schlecht. —	„	3,41

Mittel: Luftbeschaffenheit: Sehr schlecht. — CO_2-Gehalt: 2,42.

Anmerkung. Beleuchtung: (15) Gas; (7) Gas u. Regen.-Gas; (9) Regen.-Gas; (12) u. (13) Gas u. electr.; sonst überall nur electrisch.

c) Sonstige Räumlichkeiten.

(1) Lessingtheater. (Parterre-Loge)	Luftbesch.:	Sehr schlecht. —	CO_2-Gehalt:	2,76
(2) Circus Schumann.	„	Aeuss. schlecht. —	„	4,96
(3) „ Renz.	„	Aeuss. schlecht. —	„	5,31
(4) Castans Panopticum.	„	Schlecht. —	„	1,84
(5) Passage-Panopticum.	„	Schlecht. —	„	1,78
(6) Omnibus.	„	Noch gut. —	„	0,82
(7) Ringbahn.	„	Schlecht. —	„	1,87
(8) Stadtbahn II. Klasse. (giebt keine I.)	„	Schlecht. —	„	1,52
Stadtbahn III. Klasse.	„	Schlecht. —	„	1,76
(9) Patentamt, damaliges.	„	Schlecht. —	„	1,45
(10) Univ.-Baracke,	„	Aeuss. schlecht. —	„	10,43

(zu Schluss des bekannten einstündigen Publicum von DU BOIS-REYMOND).

Anmerkung. Beleuchtung: (2), (9), (10) Gas; (3) Gas u. electr.; (1), (4), (5) electrisch.

Von den Beobachtungsresultaten, die ich im Laufe der Zeit mit dem in Rede stehenden Apparat gewonnen habe, bilden diese eine Auswahl. (Die Resultate der unten folgenden Uebersicht über vergleichende Beobachtungen im Freien, Nürnberg October 1890, stellen die Resultate sämmtlicher in jenem Monat von mir ausgeführter vergleichender Beobachtungen dar, sind nicht ausgewählt.) Die Beobachtungen im Freien wurden sämmtlich unter möglichst gleichen localen (z. B. gleich breite Strassen) und meteorologischen Verhältnissen (möglichst immer Sonnenschein) ausgeführt. Es hat also nicht etwa allgemein „London", wie man erwarten könnte und wie ich selbst geglaubt hatte, etwa wegen grösserer Einwohnerzahl, einen höheren atmosphärischen CO_2-Gehalt in gleich breiten Strassen und unter gleichen meteorologischen Verhältnissen als „Paris" und „Paris" wieder einen höheren als „Berlin", sondern man kann in einer und derselben Grossstadt, in verschiedenen Stadttheilen und Strassen, sehr verschiedene CO_2-Gehalte gleichzeitig nachweisen (vgl. unter **42**); sogar in weniger grossen Städten findet sich in engen Gassen unter besonderen Verhältnissen (sehr enge Gassen mit sehr hohen Häusern; z. B. Genua nicht selten Verhältniss = 1 : 20 statt 1 : 1, Strassen von kaum der Breite eines aufgespannten Damenschirms, von einer sechsten oder achten Etage zur andern herüber wird dann die nasse Wäsche zum Trocknen aufgehängt) eine Atmosphäre, deren CO_2-Gehalt um gegen 100 Procent und mehr des Werthes, den CO_2-Gehalt angrenzender breiter, nach hygienischen Grundsätzen angelegter Strassen überragen kann.

Angus Smith*)	fand	in	den	Strassen	von	London	0,38
		„	„	„	„	Madrid	0,52;
Boussignault**)	„	„	„	„	„	Paris	0,40
Reiset***)	„	„	„	„	„	„	0,29
Müntz u. Aubin****)	„	„	„	„	„	„	0,29;

wodurch anders lassen sich solche verschiedenen Befunde erklären? Oder sollte wirklich der CO_2-Gehalt der Luft in „Madrid" jenen in „London" um mehr als 35 Procent des

*) Angus Smith, On Air and Rain, 1872, S. 45.

**) Annales de Chimie et de Physique 1844, III. Serie, Bd. 10, S. 456.

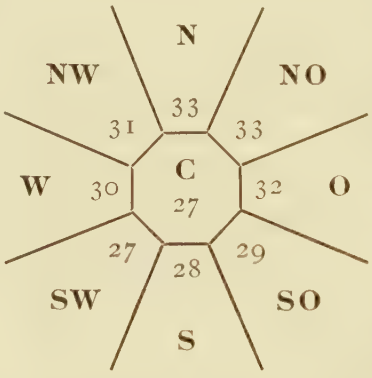
***) Comptes rendus de l'Académie des Sciences 1880, Bd. 90, S. 1144.

****) Comptes rendus 1881, Bd. 92, S. 247.

Werthes übertreffen? Mir scheint, dass sich 0,38 auch für Madrid und 0,52 auch für London nachweisen liesse, wenn man bei anderer Witterung und an anderem Standorte untersucht.

Für die Untersuchung der Luft von Versammlungsräumlichkeiten habe ich geglaubt Berlin wählen zu sollen erstens, weil man kaum in einer anderen Stadt in solcher Zahl gut besuchte Cafés und Restaurants antrifft, in denen man ungenirt Luftprüfungen vornehmen kann (leere oder wenig besuchte Räume auf CO_2 zu prüfen, hat im allgemeinen keinen rechten Zweck); und zweitens, weil es mich interessirte, ob die daselbst zahlreicher als irgendwo vorhandenen, qualitativ häufig vorzüglichen Ventilationsvorrichtungen denn auch quantitativ genügen, gross genug gewählt sind beziehungsweise richtig gehandhabt werden. Während der Tage vom 15.—23. December 1890 habe ich die Luft von gegen achtzig Berliner Localen in allen Stadttheilen auf CO_2 geprüft.

42. Einmal, am 21. December 1890, stellte ich innerhalb kaum dreier Stunden, zwischen 4 und 7 Uhr Nachmittags, also fast gleichzeitig dank der Schnelligkeit der verschiedenen Berliner Verkehrseinrichtungen, in allen neun Stadttheilen Berlins CO_2-Bestimmungen der atmosphärischen Luft an. Die Reihenfolge der Beobachtungen war: **NW**, **O**, **SO**, **C**, **NO**, **SW**, **S**, **W**, **N**; überall wurden breite Strassen und möglichst gleiche Verhältnisse aufgesucht. Die Resultate lassen sich am besten in nebenstehender graphischen Darstellung überblicken; die CO_2-Gehalte sind hier ausnahmsweise in Hunderttausendsteln angegeben, statt, wie diess die Regel, in Tausendsteln. Sehr eigenthümlich ist der geringe Werth für **C**, aber ein Parallelversuch ergab genau das gleiche Resultat. Man darf aus diesen Resultaten nicht etwa den Schluss ziehen, dass in **NW** der CO_2-Gehalt der atmosphärischen Luft immer 0,31‰ betrage; heute mag das südliche Ende der Friedrich-



strasse den niedrigsten CO_2-Gehalt haben, morgen, wenn sich über Nacht der Wind dreht, vielleicht das nördliche; thatsächlich hatte ich einige Tage vorher, den 18. December 1890, in **NW**, Friedrich- und Karlstrassen-Ecke, nicht 0,31 sondern 0,26 gefunden.

Mit welchen Schwankungen mindestens sich der CO_2-Gehalt der Strassenluft bewegen kann und dass die erhaltenen Resultate keineswegs wesentlich zu niedrige sein können, (übrigens fanden LEVY und ALLAIRE in Montsouris als Mittel täglicher Beobachtungen für 1876 nur 0,26‰!) zeigen Vergleichsversuche nach der PETTENKOFER'schen Methode*), unter Wahrung aller entsprechenden Cautelen vorgenommen.

43. Vergleichende Beobachtungen nach der WOLPERT'schen und nach der PETTENKOFER'schen Methode, Nürnberg 1890, Bayreutherstrasse.

Nr.	Datum	WOLPERT	PETTENKOFER	Differenz
1	30. Sept.	0,30‰	0,31‰	— 0,01‰
2	1. Oct.	0,28	0,29	— 0,01
3	3. Oct. Vm.	**0,29**	**0,29**	**± 0,00**
4	3. Oct. Nm.	**0,27**	**0,26**	**+ 0,01**
5	5. Oct.	0,25	0,25	± 0,00
6	6. Oct.	0,26	0,26	± 0,00
7	9. Oct.	0,31	0,30	+ 0,01
8	15. Oct.	0,28	0,29	— 0,01
9	16. Oct.	0,29	0,30	— 0,01
10	18. Oct.	**0,30**	**0,32**	**— 0,02**
11	31. Oct.	0,33	0,34	— 0,01
	Mittel:	∽ 0,29‰ (0,2873)	∽ 0,29‰ (0,2918)	∽ ± 0,00‰ (— 0,0045)

Bemerkung. In der Regel wurden bei intensivster Helligkeit (Mittags-Sonne) die niedrigsten CO_2-Werthe gefunden.

*) Cautelen bei der PETTENKOFER'schen Methode, für atmosphärische Luft vor allem: 1) Nur frisch bereitete Oxalsäurelösung verwenden! 2) Titration II nur direct in die Versuchsflasche, erst darauf sofort und jedesmal sich anschliessend Titration I ebenfalls in die Versuchsflasche! Beide Titrationen am offenen Fenster! Barytwasser-Entnahme aus mindestens halb gefüllter Liter-, besser noch grösserer mindestens halb gefüllter Flasche! 3) Für Titration I u. II denselben Punkt der Bürette als Ausgangspunkt nehmen! Weiteres siehe Tabelle 16, Seite 99, sowie die Erläuterungen Seite 87 ff.

44. Das ist eine sehr grosse Uebereinstimmung, wenn man berücksichtigt, dass die meisten der bisherigen vereinfachten Methoden wohl allenfalls für hohe, von allen aber trotz besten Willens nicht Eine constant für niedere, insbesondere atmosphärische CO_2-Gehalte Uebereinstimmung ergeben.

Nach allem bin ich der Ansicht, in der neuen Methode auf wissenschaftlicher Grundlage etwas für den practischen Arzt, insbesondere für den vielbeschäftigten Physicus und Verwaltungsbeamten, practisch Brauchbares angegeben zu haben; und einen Apparat, der wegen seiner grossen Einfachheit vom practischen Arzt in der besseren Praxis empfohlen werden kann.

ANHANG.

TABELLEN

UND

DIAGRAMME.

VI. THEIL.

TABELLEN.

Erläuterungen zu den Tabellen*)

nebst Angaben für deren Erweiterung.

Tabelle 1. Baro-thermometrischer Reductionsfactor f

zur Reduction eines Luftvolums von 0 bis 30° und 680 bis 780 mm Hg, auf 0° und 760 mm Hg. Beispiel. Gegeben: Uncorrigirtes Luftvolum $V = 1000$ ccm, Thermometerablesung $t = 15°$, Barometerablesung $b = 722$ mm; dann ist nach Tabelle 1 das reducirte Luftvolum = 900 ccm. Die Tabelle kann durch Interpoliren ergänzt werden.

Der Berechnungsmodus der 700 Factoren dieser Tabelle wird am vortheilhaftesten erläutert durch einige, die Tabelle gleichzeitig erweiternde Beispiele.

Beispiel I. $t = +20°$, $b = 600$ mm.

$$V^* = V \times f$$

$$= V \times \left(\frac{1}{1 + 0{,}00367 \times t} \times \frac{b}{760} \right);$$

für $V = 1$:

$$V^* = 1 \times f = f$$

$$= \frac{1}{1 + 0{,}00367 \times t} \times \frac{b}{760}$$

$$= \frac{1}{1 + 0{,}00367 \times 20} \times \frac{600}{760}$$

$$= \frac{1}{1 + 0{,}0734} \times \frac{600}{760}$$

$$= 0{,}932 \times 0{,}789$$

$$= 0{,}735$$

$$f = \mathbf{0{,}735}.$$

Beispiel II. $t = \pm 0°$, $b = 600$ mm.

$$V^* = V \times f$$

$$= V \times \left(\frac{1}{1 + 0{,}00367 \times t} \times \frac{b}{760} \right);$$

für $V = 1$:

*) Sämmtliche Zahlenangaben der Tabellen sind doppelt berechnet worden und die Correctur ist ausserhalb der Druckerei noch von zwei verschiedenen Seiten wiederholt möglichst sorgfältig ausgeführt.

Unter Decimalen, die aufwärts abgerundet sind, ist das „Minuszeichen" = — gesetzt; vor Zahlen, die nur Annäherungswerthe bedeuten, das liegende S („Simile") = ∽.

$$V^* = 1 \times f = f$$
$$= \frac{1}{1+0{,}00367 \times t} \times \frac{b}{760}$$
$$= \frac{1}{1+\frac{0{,}00367 \times 0}{600}} \times \frac{600}{760}$$
$$= \frac{600}{760}$$
$$= 0{,}789$$
$$f = \mathbf{0{,}789}.$$

Beispiel III. $t = -20^0$, $b = 600$ mm.

$$V^* = V \times f$$
$$= V \times \left(\frac{1}{1+0{,}00367 \times t} \times \frac{b}{760} \right);$$

für $V = 1$:

$$V^* = 1 \times f = f$$
$$= \frac{1}{1+0{,}00367 \times t} \times \frac{b}{760}$$
$$= \frac{1}{1-0{,}00367 \times 20} \times \frac{600}{760}$$
$$= \frac{1}{1-0{,}0734} \times \frac{600}{760}$$
$$= \frac{1}{0{,}9266} \times \frac{600}{760}$$
$$= 1{,}079 \times 0{,}789$$
$$= 0{,}851$$
$$f = \mathbf{0{,}851}.$$

851 (III)	789 (II)
— 789 (II)	— 735 (I)
62;	54.

Tabelle 2. Thermometrischer Reductionsfactor φ

zur Reduction eines Luftvolums von 0^0 bis 30^0, auf 0^0; für Fälle, wo man nur die Temperatur in Rechnung ziehen will, weil meistens der Temperaturfactor weit mehr ins Gewicht fällt. Beispiel. Gegeben: Uncorrigirtes Luftvolum $V = 1000$ ccm, Thermometerablesung $t = 20^0$; dann ist nach Tabelle 2 das corrigirte Luftvolum $= 932$ ccm.

Erweiterung der Tabelle, Beispiel I. $t = +45^0$ (Temperatur der Emaillir-Werkstätten).

$$V^* = V \times \varphi$$
$$= V \times \left(\frac{1}{1+0{,}00367 \times t} \right);$$

für $V = 1$:

$$V^* = 1 \times \varphi = \varphi$$
$$= \frac{1}{1 + 0{,}00367 \times t};$$
$$= \frac{1}{1 + 0{,}00367 \times 45}$$
$$= \frac{1}{1 + 0{,}1652}$$
$$= 0{,}858$$
$$\varphi = 0{,}858.$$

Beispiel II. $t = -5^0$.

$$V^* = V \times \varphi$$
$$= V \times \left(\frac{1}{1 + 0{,}00367 \times t}\right);$$

für $V = 1$:

$$V^* = 1 \times \varphi = \varphi$$
$$= \frac{1}{1 \times 0{,}00367 \times t};$$
$$= \frac{1}{1 - 0{,}01835}$$
$$= \frac{1}{0{,}9817}$$
$$= 1{,}019$$
$$\varphi = 1{,}019.$$

Tabelle 3. Mittl. baro-therm. Reductionsfactor f (bei 20° C) für den mittl. Barometerstand **b** in Meereshöhe **H.**

Der Factor ist für 20°, die gewöhnliche Zimmertemperatur berechnet, und für mittl. Barometerstand zur Benutzung an Orten, deren Meereshöhe man kennt. Wo man kein Barometer zur Hand hat, kann man in diesem Falle annähernd richtige Resultate erhalten, da die Abweichung vom mittl. Barometerstand meistens nicht von grossem Belang ist. Die Tabelle kann durch Interpoliren ergänzt werden (für Barometerstände von 780 bis 680 mm kann ohne Interpolation direct Tabelle 1 benutzt werden). Beispiel. Gegeben: Meereshöhe H = ∽ 1150 Meter (Mitte des St. Gotthard-Tunnels, Temperatur constant ∽ 20° C); dann ist nach Tabelle 3, bei mittl. Barometerstand b = ∽ 662 mm, der mittlere baro-therm. Reductionsfactor f = ∽ 0,811.

Tabelle 4. Mittl. baro-therm. Reductionsfactor f (bei 20° C) für den mittl. Barometerstand **b** einiger Orte in Meereshöhe **H.**

Die Tabelle 4 ist analog angelegt und zu benutzen wie Tabelle 3; für eine Anzahl grösserer Städte. Beispiel. Gegeben: Strassburg E.; dann ist, bei Meereshöhe H = 150 Meter und mittl. Barometerstand b = 747 mm, der mittl. baro-therm. Reductionsfactor für Wohnungen f = 0,916 nach Tabelle 4 (nach

Tabelle 1 für b = 747 mm und t = 20°, ebenfalls f = ∞ 0,916, genauer = 0,916).

Man vermisst in dieser Tabelle Städte wie Kiel, Rostock, Greifswald, Königsberg, Leyden, Utrecht, Bremen, Hamburg, Lübeck, Danzig. Diese Städte erheben sich so wenig über das Meeresniveau, dass in denselben nach Tabelle 2 gerechnet, somit f = φ, oder der mittlere barothermom. Reductionsfactor für Wohnungen f = 0,932 gesetzt werden kann.

Tabelle 5. Allgemeine Tabelle der Kohlensäuregehalte 0,7 ‰ bis 4,0 ‰.

Für Neutralisation von 2 ccm $^1/_{50}$-proc. Lösung kryst. Soda durch n ccm Luft, bei der Ablesung von (n + 2) ccm Gesammtvolum. Beispiel. Man habe bei dem, durch den Farbenwechsel der Reagenslösung erkannten Eintreten der Neutralisation die Ablesung 33,25 auf dem Cylinder; die Zahl 33,25 (Cubikcentimeter) entspricht dann nach Tabelle 5 einen Kohlensäuregehalt von 1‰. Es ist zu beachten, dass von diesen 35,25 Cubikcentimetern nur 31,25 auf Luft treffen und 2 auf die Reagenslösung; wenn man daher vor Ablesung in dieser Tabelle 5, das Luftvolum auf 0° und 760 mm reducirt, so hat man vor der Reductionsvornahme die Zahl 2 von der Ablesung zu subtrahiren und darf nicht vergessen, dieselbe nachher, bevor man den Kohlensäuregehalt aus Tabelle 5 ersieht, wieder zu addiren. — Die Kohlensäurewerthe der Tabelle 5 sind berechnet durch Division des Luftvolums in 31,30716 (rund 31,31); darnach kann die Tabelle 5 noch weiter ergänzt werden.

Tabelle 6. Sondertabelle der Kohlensäuregehalte 0,3 ‰ bis 0,7 ‰.

Für Neutralisation von 1 ccm $^1/_{50}$-proc. Lösung kryst. Soda durch n ccm Luft, bei der Ablesung von (n + 1) ccm Gesammtvolum. Die Kohlensäurewerthe der Tabelle 6 sind berechnet durch Division des Luftvolums in (31,30716 : 2) oder in rund (31,31 : 2); darnach kann die Tabelle 6 noch weiter ergänzt werden. Beispiel. Gegeben: Ablesung = 24,25 ccm. Dann ist das Luftvolum = 24,25 — 1 = 23,25 (uncorrigirt); dafür berechnet sich ein Kohlensäuregehalt von 15,65358 : 23,25 = 0,67 ‰. Dieser Kohlensäurewerth gilt natürlich auch, wenn die Zahl 23,25 den corrigirten Werth für das Luftvolum bedeutet. Wollte man andernfalls noch reduciren und hätte beispielsweise als Ablesung am Thermometer = 15°, als Ablesung am Barometer = 722 mm, so wäre nach Tabelle I der reducirte Werth = 23,25 × 0,9 = 20,925 ccm; und dafür der Kohlensäuregehalt = rund 15,654 : 21 = 0/75 ‰.

Tabelle 7. Sondertabelle der Kohlensäuregehalte 4,0‰ bis 10,0‰.

Für Neutralisation von 10 ccm $^1/_{50}$-proc. Lösung kryst. Soda durch n ccm Luft, bei der Ablesung von (n + 10) ccm Gesammtvolum. Füllt man 10 ccm $^1/_5$-proc. Lösung kryst. Soda (= 1 Kapsel auf 50, nicht auf 500 ccm Wasser), an Stelle der gleichen Menge $^1/_{50}$-proc. Lösung ein und ändert in der Tabelle 7 die Bezeichnung ‰ in %, so lässt sich diese Tabelle 7 ohne weiteres für Lungenluft benutzen. Beispiel. Gegeben: Ablesung 45 ccm bei Neutralisation von 10 ccm $^1/_5$-proc. Lösung; dann ist der (uncorrigirte) Kohlensäure-

gehalt nach Tabelle 7 = 4,5 %. — Die Kohlensäurewerthe dieser Tabelle 7 werden erhalten durch Division des Luftvolums = n in 156,53 580.

Tabelle 8. System von Grundlagen verschiedener Sondertabellen

(Reagenslösung = constant 1 Kapsel mit 0,1 gr Soda, auf constant 500 ccm Lösungsmittel; von dieser Lösung je 1 bis 25 ccm verwendbar).

Die Sondertabellen sind besonders für abnorm hohe Kohlensäuregehalte von Werth. Für Fälle, in denen man wiederholt und regelmässig mit ausserordentlich hohen Kohlensäuregehalten zu thun hat, wird man sich aus einer von diesen oder den folgenden Grundlagen eine Tabelle entwerfen bezw. ein Diagramm construiren, und damit zu erreichen suchen, dass das Minimum des erwarteten Kohlensäuregehaltes nicht etwa weit in die Cubikcentimeterscala des Cylinders hineinfällt, sondern gerade noch in dieselbe oder auch ein Geringes darüber. Man erhält so genaue Resultate. — Für Weingährkeller, Presshefefabriken, Eisfabriken, Bodenluft (5 Promille bis 50 und mehr — Koch) etc. lässt sich ein und dieselbe Tabelle wie für Lungenluft benutzen. — Die Grundlagen, wie in der Tabelle 8, etwa 25 practisch möglich und alle einzeln zur Berechnung von Tabellen verwendbar, berechnen sich nach der Formel:

$$x = \frac{r \times 0{,}5\ \delta}{V} = \frac{r \times 0{,}5\ \delta}{L - r} = 0{,}5\ \frac{\delta\, r}{L - r} \left(\text{bezw.} = 0{,}5\ \frac{\delta\, r}{(L - r)\ f} \right)$$

worin x = der gesuchte Kohlensäuregehalt in Promille, r = die Cubikcentimeterzahl der Sodalösung als Reagens; $\delta = 31{,}30\,716$; V = das zur Neutralisation benöthigte Luftvolum; L = Ablesung am Cylinder; f = baro-thermometrischer Reductionsfaktor aus Tabelle 1.

Tabelle 9. Zweites System von Grundlagen verschiedener Sondertabellen.

(Reagenslösung = constant 1 Kapsel auf je 25, 30, 35 ..... 490, 495, 500 ccm Lösungsmittel; von dieser Lösung je 1 bis 25 ccm verwendbar).

Die Grundlagen wie in der Tabelle 9, etwa 25 × 95 möglich und alle einzeln zur Berechnung von Tabellen verwendbar, berechnen sich nach der Formel:

$$x = 500\ \frac{\delta}{a\ (L - r)} \left(\text{bezw.} = 500\ \frac{\delta}{a\ (L - r)\ f} \right)$$

worin die Bezeichnung a = aqua die Cubikcentimeterzahl des Lösungsmittels bedeutet, und die übrigen Bezeichnungen aus 8 bekannt sind.

Tabelle 10. Drittes System von Grundlagen verschiedener Sondertabellen.

(Reagenslösung = 2 bis 4 und mehr Kapseln, auf je 25, 30, 35 ..... 490, 495, 500 ccm Lösungsmittel; von dieser Lösung je 1 bis 25 ccm verwendbar).

Die Grundlagen wie in der Tabelle 10, weitere ungefähr 3 × 25 × 95 möglich und alle einzeln zur Berechnung von Tabellen verwendbar, berechnen sich nach der Formel:

$$x = 500 \frac{n\,\delta}{a\,(L - r)} \left(\text{bezw.} = 500 \frac{n\,\delta}{a\,(L - r)\,f} \right)$$

worin n die Anzahl der zur Lösung verwandten Kapseln bedeutet und die übrigen Bezeichnungen dieselben sind wie in **8** und **9**.

Tabelle 11. Vergleichendes Schema von CO_2-Bestimmungen

a) nach WOLPERT, b) nach PETTENKOFER.

Tabelle 12. Scala des Reinheitsgrades der Zimmerluft

nach Maassgabe der PETTENKOFER'schen Grenzen von 0,7 und 1,0 ‰ CO_2.

Tabelle 13. Atom- und Aequivalentgewichte einiger Elemente

von denen bei CO_2-Bestimmungen Verbindungen gebraucht werden. Die Atomgewichte wiedergegeben als die revidirten Werthe von LOTHAR MEYER und K. SEUBERT*), die Aequivalentgewichte nach Massgabe der oben (Seite 98) gemachten Angaben berechnet.

Wünscht man die Tabelle beispielsweise durch Strontium zu ergänzen, so wäre, da das Atomgewicht des (II-werthigen) Sr nach MEYER u. SEUBERT = 87,30, also das Aequivalentgewicht = 87,30 : 2 = 43,65.

Tabelle 14. Molekular- und Aequivalentgewichte

einiger bei CO_2-Bestimmungen gebrauchter Verbindungen.

Die Tabelle lässt sich mit Hülfe der bisherigen Angaben weiter ausbauen. Man würde beispielsweise finden als das Aequivalentgewicht für:

Salzsäure	HCl	$= 1 + 35{,}37$	$= 36{,}37$
Strontiumhydrat	$Sr(OH)_2$	$= (87{,}30 + 2 \times 15{,}96 + 2) : 2$	$= 60{,}61$
Strontiumcarbonat	$Sr\,C\,O_3$	$= (87{,}30 + 17{,}97 + 3 \times 15{,}96) : 2$	$= 73{,}575$
Strontiumoxolat	$Sr\,C_2\,O_4$	$= (87{,}30 + 2 \times 11{,}97 + 4 \times 15{,}96) : 2$	$= 87{,}54$
Strontium (mono) phenolphtaleinat	$Sr\,C_{20}\,O_4\,H_{12}$	$= (87{,}30 + 20 \times 11{,}97 + 4 \times 15{,}96 + 12) : 2$	$= 201{,}27.$

Diese Beispiele verdeutlichen den Berechnungsmodus.

Tabelle 15. Procent-Aequivalente

einiger Verbindungen gegenüber CO_2 und ($Na_2\,CO_3 + 10\,H_2O$).

Berechnung nach Art folgender Ansätze.

Beispiel I.

Wieviel Gewichtstheile Salzsäure sind 100 Gewichtstheilen Kohlensäure aequivalent?

$$\frac{x\ HCl}{36{,}37\ \text{»}} = \frac{100\ CO_2}{21{,}945\ \text{»}}$$

oder auch:

*) „Die Atomgewichte der Elemente." Von LOTH. MEYER und K. SEUBERT. Leipzig, 1883.

Vgl. auch das treffliche kleinere Werkchen, 16°, XXII und 102 S., 2 Mark) von dem Leiter des chemischen Laboratorium der Universität Coimbra in Portugal: „Factorentabellen zur Ausführung chemischer Rechnungen mittels der von L. MEYER und K. SEUBERT gegebenen Atomgewichte." Von JOAQUIM DOS SANTOS E SILVA. Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1887.

$$\frac{x\ H\,Cl}{100\ CO_2} = \frac{36{,}37\ H\,Cl}{21{,}945\ CO_2};$$

$$x = 3637 : 21{,}945 = 165{,}73.$$

Beispiel II.

Wieviel Gewichtstheile Strontiumhydrat sind 100 Gewichtstheilen krystallirter Soda aequivalent?

$$\frac{x\ Sr\,(OH)_2}{60{,}61\ \text{»}} = \frac{100\ (Na_2\,CO_3 + 10\,H_2O)}{142{,}715\ \text{»}}$$

oder auch:

$$\frac{x\ Sr\,(OH)_2}{100\ (Na_2\,CO_3 + 10\,H_2O)} = \frac{60{,}61\ Sr\,(OH)_2}{142{,}715\ (Na_2\,CO_3 + 10\,H_2O)}$$

$$x = 6061 : 142{,}715 = 42{,}47.$$

Beispiel III.

Wieviel Cubikcentimeter Kalkwasser sind 100 Milligrammen krystalisirter Soda aequivalent?

Es sei vorerst $y =$ die erforderliche Gewichtsmenge Calciumhydrat (in Milligrammen);

$$\frac{y\ Ca\,(OH)_2}{36{,}915\ \text{»}} = \frac{100\ (Na_2\,CO_3 + 10\,H_2O)}{142{,}715\ \text{»}}$$

oder auch:

$$\frac{y\ Ca\,(OH)_2}{100\ (Na_2\,CO_3 + 10\,H_2O)} = \frac{36{,}915\ Ca\,(OH)_2}{142{,}715\ (Na_2\,CO_3 + 10\,H_2O)}$$

$$y = 3691{,}5 : 142{,}715 = 25{,}87\ mg\ Ca\,(OH)_2.$$

In 590 ccm Wasser lösen sich bei 16° 1000 mg $Ca\,(OH)_2$
also in 0,59 ccm Wasser 1 mg »
und in $0{,}59 \times 25{,}87$ ccm Wasser 25,87 mg »

$$x = 0{,}59 \times 25{,}87 = 15^1/_4 \text{ ccm Kalkwasser.}$$

Tabelle 16. PETTENKOFER'sche Methode.

Möglichkeiten für den Befund von zu wenig und zu viel CO_2 bei unrichtiger Handhabung. (Zur Erleichterung exacter Controlversuche.)

Warum erhält man (namentlich der nicht sehr Geübte) in Luft von niederem CO_2-Gehalte leicht **zu hohe** CO_2-Werthe nach PETTENKOFER?

1) Falls nicht direct in die Versuchsflasche titrirt wird, ist *eo ipso* die Titernahme des Barytwassers nach der CO_2-Absorption mit **doppeltem Pipettiren** verknüpft, während bei der correspondirenden Titernahme vor der Absorption nur einmaliges Pipettiren statthat.

2) Bei der Titernahme vor der Absorption pflegt mehr auf das „Nachröthen" geachtet zu werden; man pflegt dann leichter, wenn die Titernahme eigentlich bereits beendet ist, einen oder sogar 2 Tropfen zuviel zuzugeben als bei der Titernahme nach der Absorption, wo man erstens auf das Resultat gespannt ist und zweitens ja kurz vorher „wieder einmal" zu der Einsicht gekommen ist, dass die Lösung „doch immer wieder nachröthet", und aus beiden Gründen das maassgebliche „erste Auftreten der Entfärbung" im zweiten Falle relativ richtiger beurtheilt, nicht etwa — das würde den Fehler wieder aus-

gleichen! — den Fehler, zu dessen Einsicht man gekommen ist, noch einmal machend. „Was kommt es auf einen oder 2 Tropfen zuviel auch an?", denkt mancher, der sich nicht klar gemacht hat, dass niedere CO_2-Werthe in anderem Maasse als hohe durch dieses Zuviel alterirt werden. Für die üblich gewordene 4-Literflasche gilt bei der Titernahme vor der Absorption:

Das Zuviel von 2 Tropfen = 0,300‰ CO_2 statt 0,250 = **zu viel** 0,050‰
= 3,000 „ „ statt 2,950 = **zu viel** 0,050‰
= 10,000 „ „ statt 9,950 = **zu viel** 0,050‰
Das Zuviel von 1 Tropfen = 0,300‰ CO_2 statt 0,275 = **zu viel** 0,025‰
= 3,000 „ „ statt 2,975 = **zu viel** 0,025‰
= 10,000 „ „ statt 9,975 = **zu viel** 0,025‰.

Diese „absolute" Factor von constant + 0,050 ‰ auf Rechnung von $^1/_{10}$ ccm ist also nur bei hohen CO_2-Gehalten belanglos. Aber bei niederen CO_2-Gehalten muss man entweder Eines oder Jedes von Dreien thun: I) Grössere Flaschen wählen; PETTENKOFER selber schreibt grössere Dimensionen vor. II) Entsprechend schwächere Lösungen verwenden (analog bei sehr hohen CO_2-Gehalten entsprechend stärkere Lösungen); wie kann ein Luftvolum **und** eine Lösung für alle CO_2-Gehalte dienen?! III) Nicht 25 ccm titriren, sondern gleich auf einmal die ganze Flüssigkeitsmenge.

Alle diese Cautelen erhöhen die Titerdifferenz, um gleichwohl den CO_2-Werth herabzudrücken; je kleiner die Titerdifferenz, desto ungenauer das Resultat.

3) Man erhält zu hohe CO_2-Werthe, wenn man zu schwache Oxalsäure-Lösung verwendet; die Oxalsäure-Lösung verändert sich unter Umständen von einem Tag auf den anderen und zwar gerade bei continuirlichem Gebrauche: die Schwächung ihres Titers ist um so bedeutender, je mehr Luft sich gleichzeitig in der Flasche befindet; sie ist unbedeutend nur solange die Flasche bis oben vollgefüllt ist. Beweis:

Versuche aus den Jahren 1889 und 1890 (Nürnberg),
die Haltbarkeit der Oxalsäure-Lösung 2,864 : 1000 betreffend.

Nr.	Datum	25 ccm Oxalsäure-Lösung enthalten an $C_2O_4H_2 + 2H_2O$	Differenz a) gegen die Norm (Nr. 1)	Differenz b) gegen die vorausgegangene Analyse
1	25. Sept. 89	71,600 mg	∓ 0,000 mg	
2	25. Dec. 89	69,575 „	— 2,025 „	— 2,025 mg
3	26. „ „	68,200 „	— 3,400 „	— 1,375 „
4	27. „ „	66,725 „	— 4,875 „	— 1,475 „
5	28. „ „	65,825 „	— 5,775 „	— 0,900 „
6	29. „ „	64,750 „	— 6,850 „	— 1,075 „
7	30. „ „	64,325 „	— 7,275 „	— 0,425 „
8	31. „ „	64,100 „	— 7,500 „	— 0,225 „
9	1. Jan. 90	63,900 „	— 7,700 „	— 0,200 „
10	2. „ „	63,700 „	— 7,900 „	— 0,200 „
11	3. „ „	63,500 „	— 8,100 „	— 0,200 „
12	4. „ „	63,300 „	— 8,300 „	— 0,200 „
13	8. Mz. 90	57,875 „	— 13,725 „	— 5,425 „
14	22. Sept. 90	19,618 „	— 51,982 „	— 38,257 „

Bemerkungen. Ad Nr. 1: Lösung frisch bereitet; Literflasche aus weissem Glase bis oben vollgefüllt, geschlossen zur Aufbewahrung in eine Ecke des Arbeitstisches hingestellt (diffuses Tageslicht, keine Sonne). Ad Nr. 2: Hälfte des Inhaltes der Literflasche aufgebraucht. Ad Nr. 3 ff.: Jedesmal 25 bis 50 ccm entnommen. Ad Nr. 13: Nächstdem nur mehr kleiner Rest in Literflasche belassen, 50 ccm. — Normal ist $^1/_{10}$ ccm = 0,2864 mg Oxalsäure; 1 Tropfen ($^1/_{20}$ ccm) = 0,1432 mg Oxalsäure.

Bedeutend ist auch der Einfluss des Lichtes auf die Oxalsäure-Lösung; einige Lösungen, die in roth-braunen Flaschen und vollständig dunkel gestellt aufbewahrt wurden, erfuhren unter den gleichen Umständen in einzelnen Fällen nur ungefähr $^1/_3$ dieser Zersetzung.

Es scheint mir, dass auch die Wandungen der Glasgefässe, nach Maassgabe ihres Alkali-Gehaltes, den Titer saurer Lösungen schwächen, doch habe ich darauf keine Versuche gerichtet. Der Titer alkalischer Baryumhydratlösungen dagegen erhöht sich, wie Versuche mir zeigten, durch längere Aufbewahrung in Flaschen sicher nicht.

Resultat. Man verwendet am Besten, jedenfalls für niedere CO_2-Gehalte nur frisch bereitete Oxalsäure-Lösung; aufbewahrt werden darf die Oxalsäure-Lösung nur im Dunkeln und in möglichst gefüllten Gefässen; kleine Reste darf man nie in grossen Flaschen zur Wiederverwendung aufheben, auch nicht von einem Tag auf den andern.

So viel mir bekannt, sind die Möglichkeiten für unrichtige Befunde infolge Vernachlässigung von Cautelen, bisher nicht in dieser Weise zusammengestellt und ziffermässig belegt. Die Tabelle **16** (Seite 99) brachten bereits meine „Wissenschaftliche Erläuterungen und theoretische Begründung einer neuen Luftprüfungsmethode auf Kohlensäure“ 1889 (zweiter unveränderter Abdruck 1890), Seite 16.

Litteratur über die PETTENKOFER'sche Methode.

1) Pettenkofer, Luftwechsel in Wohngebäuden, 1859.
2) Abhandlungen der naturwissensch. u. techn. Commission der kgl. bayr. Academie der Wissenschaften, II, 1.
3) Annalen der Chemie und Pharmacie (von Band 169, Jahr 1873 an unter dem Titel „Liebig's Annalen der Chemie“), Supplementband II, 1862/63, Seite 1.
4) Fresenius, Quantitative chemische Analyse, 1863; Seite 906.
5) Wolffhügel, Prüfung von Ventilationsapparaten, 1876.
6) Lang und Wolffhügel, Lüftung und Heizung von Eisenbahnwagen, 1877, Seite 18.
7) Mohr, Quantitative Titriranalyse, 1886, Seite 137; 167; 616.
8) Dammann, Gesundheitspflege der Haussäugethiere, 1886, Seite 58.
9) Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, 1887, Seite 282 u. 997.
10) Rosenthal, Vorlesungen über Gesundheitspflege, 1887, Seite 156.
11) Flügge, Grundriss der Hygiene, 1889, Seite 150.
12) Hirt, System der Gesundheitspflege, 1889, Seite 36.
13) Uffelmann, Handbuch der Hygiene, 1890, Seite 60.
14) Schulz, Anleitung zu hygienischen Untersuchungen (II. Anhang zu Rosenthal, II. Aufl. 1890; auch Sonderausgabe), 1890, Seite 1 u. 15.

Tabellen.

1. Baro-thermometrischer Reductionsfactor f

in der Formel $V^* = V \times f = V \times \left(\frac{1}{1+0{,}00367 \times t} \times \frac{b}{760}\right)$

für die Reduction des Luftvolums V

bei der Temperatur t°C. und dem Barometerstand b mm
auf die „ 0° „ und den „ 760 mm

Berechnet von Hch. Wolpert.

780 bis 760.

Ablesung am Barometer	t° = Ablesung am Thermometer:						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
b mm =	f =	f =	f =	f =	f =	f =	f =
780 mm	1,026	1,008	0,990	0,973	0,956	0,940	0,924
779	1,025	1,007	989	972	955	939	923
778	1,024	1,005	988	970	954	938	922
777	1,022	1,004	986	969	952	936	921
776	1,021	1,003	985	968	951	935	920
775	1,020	1,002	0,984	0,967	0,950	0,934	0,919
774	1,018	1,000	982	965	949	933	917
773	1,017	0,999	981	964	948	932	916
772	1,016	998	980	963	947	930	915
771	1,015	996	979	961	945	929	914
770	1,013	0,995	0,977	0,960	0,944	0,928	0,913
769	1,012	994	976	959	942	927	911
768	1,011	992	975	958	941	926	910
767	1,009	991	974	957	940	924	909
766	1,008	990	972	955	939	923	908
765	1,007	0,989	0,971	0,954	0,938	0,922	0,907
764	1,005	987	970	953	936	921	906
763	1,004	986	969	951	935	920	904
762	1,003	984	967	950	934	918	903
761	1,001	983	966	949	933	917	902
760	1,000	982	965	948	932	916	901

760 bis 720.

Ablesung am Barometer	t° = Ablesung am Thermometer:						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
b mm =	f =	f =	f =	f =	f =	f =	f =
760 mm	1,000	0,982	0,965	0,948	0,932	0,916	0,901
759	0,999	981	963	946	930	915	900
758	997	980	962	945	929	914	898
757	996	978	961	944	928	912	897
756	995	977	959	943	927	911	896
755	0,993	9,975	0,958	0,941	0,925	0,910	0,895
754	992	974	957	940	924	909	894
753	991	973	956	939	923	908	892
752	990	972	954	938	922	906	891
751	988	970	953	936	920	905	890
750	0,987	0,969	0,952	0,935	0,919	0,904	0,889
749	986	968	951	934	918	903	888
748	984	967	949	933	917	902	887
747	983	965	948	932	916	900	885
746	982	964	947	930	914	899	884
745	0,980	0,963	0,946	0,929	0,913	0,898	0,883
744	979	961	944	928	912	897	882
743	978	960	943	927	911	896	881
742	976	959	942	925	910	894	879
741	975	957	940	924	908	893	878
740	0,974	0,956	0,939	0,923	0,907	0,892	0,877
739	972	955	938	922	906	891	876
738	971	954	937	920	905	890	875
737	970	952	935	919	903	888	874
736	968	951	934	918	902	887	872
735	0,967	0,950	0,933	0,917	0,901	0,886	0,871
734	966	948	932	915	900	885	870
733	965	947	930	914	898	883	869
732	963	946	929	913	897	882	868
731	962	945	928	912	896	881	866
730	0,961	0,943	0,926	0,910	0,895	0,880	0,865
729	960	942	925	909	894	879	864
728	958	941	924	908	892	877	863
727	957	939	923	907	891	876	862
726	955	938	921	905	890	875	860
725	0,954	0,937	0,920	0,904	0,889	0,874	0,859
724	953	935	919	903	887	873	858
723	951	934	917	902	886	871	857
722	950	933	916	900	885	870	856
721	949	932	915	899	884	869	854
720	947	930	914	898	882	868	853

720 bis 680.

Ablesung am Barometer	t° = Ablesung am Thermometer:						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
b mm =	f =	f =	f =	f =	f =	f =	f =
720 mm	0,947	0,930	0,914	0,898	0,882	0,868	0,853
719	946	929	913	897	881	867	852
718	945	928	911	895	880	865	851
717	943	926	910	894	879	864	850
716	942	925	909	893	878	863	849
715	0,941	0,924	0,907	0,892	0,876	0,862	0,847
714	940	923	906	890	875	861	846
713	938	921	905	889	874	859	845
712	937	920	904	888	873	858	844
711	936	919	902	887	872	857	843
710	0,934	0,917	0,901	0,886	0,870	0,856	0,842
709	933	916	900	884	869	854	840
708	932	915	898	883	868	853	839
707	930	913	897	882	867	852	838
706	929	912	896	880	865	851	837
705	0,928	0,911	0,895	0,879	0,864	0,850	0,836
704	926	910	894	878	863	849	834
703	925	908	892	877	862	847	833
702	924	907	891	875	860	846	832
701	922	906	890	874	859	845	831
700	0,921	0,904	0,889	0,873	0,858	0,844	0,830
699	920	903	887	872	857	843	829
698	918	902	886	871	856	841	827
697	917	901	885	869	854	840	826
696	916	899	884	868	853	839	825
695	0,915	0,898	0,882	0,867	0,852	0,838	0,824
694	913	897	881	866	851	837	823
693	912	895	880	864	849	835	821
692	911	894	878	863	848	834	820
691	909	893	877	862	847	833	819
690	0,908	0,892	0,876	0,860	0,846	0,832	0,818
689	907	890	875	859	845	830	817
688	905	889	873	858	843	829	815
687	904	888	872	857	842	828	814
686	903	886	871	856	841	827	813
685	0,901	0,885	0,870	0,854	0,840	0,826	0,812
684	900	884	868	853	839	825	811
683	899	883	867	852	837	823	810
682	897	881	866	851	836	822	808
681	896	880	864	849	835	821	807
680	895	879	863	848	833	820	806

2. Thermometrischer Reductionsfactor φ

in der Formel $V^* = V \times \varphi = V \times \left(\frac{1}{1+0{,}00367 \times t}\right)$

für die Reduction des Luftvolums V

bei der **Temperatur t°** C. auf die Temperatur **o°** C.

t	φ =	t	φ =	t	φ =	t	φ =	t	φ =	t	φ =
0°	1,000	5°	0,982	10°	0,965	15°	0,948	20°	0,932	25°	0,916
1	0,996	6	978	11	961	16	945	21	928	26	913
2	993	7	975	12	958	17	941	22	925	27	910
3	989	8	971	13	954	18	938	23	922	28	907
4	986	9	968	14	951	19	935	24	919	29	904
										30	901

3. Mittl. baro-therm. Reductionsfactor f (bei 20° C.)

für den **mittleren Barometerstand b** in Meereshöhe **H.**

H	b	f =	H	b	f =	H	b	f =	H	b	f =
Meter	mm		Meter	mm		Meter	mm		Meter	mm	
0	760	0,932	500	716	0,878	1000	674	0,826	1500	635	0,778
100	751	920	600	707	867	1100	666	816	1600	627	769
200	742	910	700	699	857	1200	658	807	1700	620	760
300	733	898	800	690	846	1300	650	797	1800	612	750
400	724	887	900	682	836	1400	642	787	1900	605	742
									2000	598	733

4. Mittl. baro-therm. Reductionsfactor f (bei 20° C.)

für den **mittleren Barometerstand b** einiger Orte in Meereshöhe **H.**

Ort	H	b	f =	Ort	H	b	f =
	Meter	mm			Meter	mm	
Aachen	160	746	0,914	Karlsruhe	120	749	0,918
Basel	260	737	903	Köln	40	756	927
Berlin	40	756	927	Kopenhagen	10	759	930
Bern	543	712	873	Leipzig	100	751	920
Bonn	50	756	927	**London**	50	756	927
Braunschweig	100	751	920	Madrid	663	701	859
Breslau	130	748	917	Mailand	130	748	917
Brüssel	90	752	922	Marburg	180	744	912
Cassel	160	746	914	München	525	713	874
Darmstadt	140	747	916	Münster	60	755	925
Dresden	100	751	920	**New-York**	10	759	930
Erlangen	320	731	896	Nürnberg	300	733	898
Frankfurt a. M.	90	752	922	**Paris**	60	755	925
Freiburg i. Br.	280	735	901	Pest	70	754	924
Giessen	140	747	916	**Petersburg**	11	759	930
Göttingen	130	748	917	Prag	200	742	910
Gotha	285	734	900	Rom	29	757	928
Graz	360	728	892	Stockholm	20	758	929
Halle	100	751	920	Strassburg i. E.	150	747	916
Hannover	70	754	924	Stuttgart	270	736	902
Heidelberg	100	751	920	Tübingen	320	731	896
Innsbruck	570	710	870	**Wien**	182	744	912
Jena	160	746	914	Würzburg	170	745	913
				Zürich	420	722	885

5. Allgemeine Tabelle der Kohlensäuregehalte 0,7‰ bis 4,0‰

(für Neutralisation von 2 ccm $^1/_{50}$-proc. Lösung kryst. Soda durch n ccm Luft, bei der Ablesung von n+2 ccm Gesammt-Volum).

Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure
ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰
9,75	4	17	2,1	24	1,4	31,5	1,1	38,5	0,9	46	0,7
10	3,9	17,5	2,0	24,5	1,4	32	1,0	39	0,8	46,5	0,7
10,5	3,7	17,75	2	25	1,3	32,5	1,0	39,5	0,8	46,75	0,7
11	3,5	18	2,0	25,5	1,3	33	1,0	40	0,8	47	0,7
11,5	3,3	18,5	1,9	26	1,3	33,25	1	40,5	0,8	47,5	0,7
12	3,1	19	1,8	26,5	1,3	33,5	1,0	41	„0,8“	48	0,7
12,5	3,0	19,5	1,8	27	1,3	34	1,0	41,5	0,8	48,5	0,7
13	2,8	20	1,7	27,5	1,2	34,5	1,0	42	0,8	49	0,7
13,5	2,7	20,5	1,7	28	1,2	35	0,9	42,5	0,8	49,5	0,7
14	2,6	21	1,6	28,5	1,2	35,5	0,9	43	0,8	50	0,7
14,5	2,5	21,5	1,6	29	1,2	36	0,9	43,5	0,8		
15	2,4	22	1,6	29,5	1,1	36,5	„0,9“	44	0,7		
15,5	2,3	22,5	1,5	30	1,1	37	0,9	44,5	0,7		
16	2,2	23	1,5	30,5	1,1	37,5	0,9	45	0,7		
16,5	2,2	23,5	1,5	31	1,1	38	0,9	45,5	0,7		

6. Sondertabelle der Kohlensäuregehalte 0,3‰ bis 0,7‰

(für Neutralisation von 1 ccm $^1/_{50}$-proc. Lösung kryst. Soda durch n ccm Luft, bei der Ablesung von n+1 ccm Gesammt-Volum).

Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure
ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰
23,25	0,7	28,5	0,57	34	0,47	39,5	0,41	45	0,36	50,5	0,32
23,5	0,70	29	0,56	34,5	0,47	40	0,40	45,5	0,35	51	0,31
24	0,68	29,5	0,55	35	0,46	40,5	0,40	46	0,35	51,5	0,31
24,5	0,66	30	0,54	35,5	0,45	41	0,39	46,5	0,34	52	0,31
25	0,65	30,5	0,53	36	0,45	41,5	0,39	47	0,34	52,5	0,30
25,5	0,64	31	0,52	36,5	0,44	42	0,38	47,5	0,34	53	0,30
26	0,63	31,5	0,51	37	0,43	42,5	0,38	48	0,33	53,25	0,3
26,5	0,61	32	0,50	37,5	0,43	43	0,37	48,5	0,33		
27	0,60	32,5	0,50	38	0,42	43,5	0,37	49	0,33		
27,5	0,59	33	0,49	38,5	0,42	44	0,36	49,5	0,32		
28	0,58	33,5	0,48	39	0,41	44,5	0,36	50	0,32		

7. Sondertabelle der Kohlensäuregehalte 4,0‰ bis 10,0‰

(für Neutralisation von 10 ccm $^1/_{50}$-proc. Lösung kryst. Soda durch n ccm Luft, bei der Ablesung von n+10 ccm Gesammt-Volum).

Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure	Ablesung	Kohlensäure
ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰	ccm	‰
25,75	10	30	7,8	34,5	6,4	39	5,4	43,5	4,7	48	4,1
26	9,8	30,5	7,6	35	6,3	39,5	5,3	44	4,6	48,5	4,1
26,5	9,5	31	7,5	35,5	6,1	40	5,2	44,5	4,5	49	4,0
27	9,2	31,5	7,3	36	6,0	40,5	5,1	45	4,5	49,25	4
27,5	8,9	32	7,1	36,5	5,9	41	5,0	45,5	4,4		
28	8,7	32,5	7,0	37	5,8	41,5	5,0	46	4,3		
28,5	8,5	33	6,8	37,5	5,7	42	4,9	46,5	4,3		
29	8,2	33,5	6,7	38	5,6	42,5	4,8	47	4,2		
29,5	8,0	34	6,5	38,5	5,5	43	4,7	47,5	4,2		

8. System von Grundlagen verschiedener Sondertabellen.

$^1/_{50}$-proc. Sodalösung	Gesuchter Kohlensäure-Gehalt	Beispiel
ccm	$^0/_{00}$	
1	1) $x = 1 \times 31{,}30716/2 : V$	$x = 15{,}_{65358} : (53{,}25 - 1) = 0{,}3\,^0/_{00}$
2	2) $x = 2 \times$ „ : „	$x = 31{,}_{30716} : (46{,}75 - 2) = 0{,}7$ „
3	3) $x = 3 \times$ „ : „	$x = 46{,}_{96074} : (50{,}00 - 3) = 1{,}0$ „
4	4) $x = 4 \times$ „ : „	$x = 62{,}_{61432} : (35{,}25 - 4) = 2{,}0$ „
5	5) $x = 5 \times$ „ : „	$x = 78{,}_{26790} : (44{,}25 - 5) = 2{,}0$ „
6	6) $x = 6 \times$ „ : „	$x = 93{,}_{92148} : (37{,}25 - 6) = 3{,}0$ „
7	7) $x = 7 \times$ „ : „	$x = 109{,}_{57503} : (43{,}50 - 7) = 3{,}0$ „
8	8) $x = 8 \times$ „ : „	$x = 125{,}_{22864} : (49{,}75 - 8) = 3{,}0$ „
9	9) $x = 9 \times$ „ : „	$x = 140{,}_{88222} : (44{,}25 - 9) = 4{,}0$ „
10	10) $x = 10 \times$ „ : „	$x = 156{,}_{53580} : (41{,}25 - 10) = 5{,}0$ „
15	11) $x = 15 \times$ „ : „	$x = 234{,}_{80370} : (48{,}50 - 15) = 7{,}0$ „
20	12) $x = 20 \times$ „ : „	$x = 313{,}_{07160} : (51{,}25 - 20) = 10{,}0$ „
25	13) $x = 25 \times$ „ : „	$x = 391{,}_{33950} : (44{,}50 - 25) = 20{,}0$ „

9. Zweites System von Grundlagen verschiedener Sondertabellen.

2 ccm Lösung kryst. Soda, untenstehender Concentration	Gesuchter Kohlensäure-Gehalt in $^0/_{00}$	Beispiel
100 mg (1 Kapsel) auf 500 ccm Wasser	1) $x = 100 \times 31{,}30716/100 : V$	$x = 31{,}_{30716} : (46{,}75 - 2) = 0{,}7\,^0/_{00}$
„ „ „ „ 450 „ „	2) $x =$ „ $\times$ „ /90 : „	$x = 34{,}_{78573} : (51{,}75 - 2) = 0{,}7$ „
„ „ „ „ 400 „ „	3) $x =$ „ $\times$ „ /80 : „	$x = 39{,}_{13395} : (41{,}25 - 2) = 1{,}0$ „
„ „ „ „ 350 „ „	4) $x =$ „ $\times$ „ /70 : „	$x = 44{,}_{72451} : (46{,}75 - 2) = 1{,}0$ „
„ „ „ „ 300 „ „	5) $x =$ „ $\times$ „ /60 : „	$x = 52{,}_{17860} : (28{,}00 - 2) = 2{,}0$ „
„ „ „ „ 250 „ „	6) $x =$ „ $\times$ „ /50 : „	$x = 62{,}_{61482} : (33{,}25 - 2) = 2{,}0$ „
„ „ „ „ 200 „ „	7) $x =$ „ $\times$ „ /40 : „	$x = 78{,}_{26790} : (41{,}25 - 2) = 2{,}0$ „
„ „ „ „ 150 „ „	8) $x =$ „ $\times$ „ /30 : „	$x = 104{,}_{35720} : (36{,}75 - 2) = 3{,}0$ „
„ „ „ „ 100 „ „	9) $x =$ „ $\times$ „ /20 : „	$x = 156{,}_{53580} : (41{,}25 - 2) = 4{,}0$ „
„ „ „ „ 95 „ „	10) $x =$ „ $\times$ „ /19 : „	$x = 164{,}_{77453} : (43{,}25 - 2) = 4{,}0$ „
„ „ „ „ 90 „ „	11) $x =$ „ $\times$ „ /18 : „	$x = 173{,}_{92867} : (45{,}50 - 2) = 4{,}0$ „
„ „ „ „ 50 „ „	12) $x =$ „ $\times$ „ /10 : „	$x = 313{,}_{07160} : (46{,}75 - 2) = 7{,}0$ „
„ „ „ „ 45 „ „	13) $x =$ „ $\times$ „ /9 : „	$x = 347{,}_{85733} : (52{,}00 - 2) = 7{,}0$ „
etc. etc.		

10. Drittes System von Grundlagen verschiedener Sondertabellen.

2 ccm Lösung kryst. Soda, untenstehender Concentration	Gesuchter Kohlensäure-Gehalt in $^0/_{00}$	Beispiel
2 × 100 mg (2 Kapseln) auf 500 ccm Wasser	1) $x = 2 \times 31{,}30716 : V$	$x = 62{,}_{61432} : (33{,}25 - 2) = 2{,}0\,^0/_{00}$
3 × „ „ 3 „ „ „ „ „	2) $x = 3 \times$ „ : „	$x = 93{,}_{92148} : (33{,}25 - 2) = 3{,}0$ „
4 × „ „ 4 „ „ „ „ „	3) $x = 4 \times$ „ : „	$x = 125{,}_{22864} : (33{,}25 - 2) = 4{,}0$ „
2 × 100 mg (2 Kapseln) auf 400 ccm Wasser	4) $x = 20 \times 31{,}30716/8 : V$	$x = 78{,}_{26790} : (33{,}25 - 2) = 2{,}5\,^0/_{00}$
3 × „ „ 3 „ „ „ „ „	5) $x = 30 \times$ „ : „	$x = 117{,}_{40185} : (35{,}50 - 2) = 3{,}5$ „
4 × „ „ 4 „ „ „ „ „	6) $x = 40 \times$ „ : „	$x = 156{,}_{53580} : (36{,}75 - 2) = 4{,}5$ „
2 × 100 mg (2 Kapseln) auf 50 ccm Wasser	7) $x = 20 \times 31{,}30716 : V$	$x = 626{,}_{14320} : (33{,}25 - 2) = 2{,}0\,^0/_{0}$
3 × „ „ 3 „ „ „ „ „	8) $x = 30 \times$ „ : „	$x = 939{,}_{21480} : (33{,}25 - 2) = 3{,}0$ „
4 × „ „ 4 „ „ „ „ „	9) $x = 40 \times$ „ : „	$x = 1252{,}_{28640} : (33{,}25 - 2) = 4{,}0$ „
etc. etc.		

11. Schema zu Kohlensäurebestimmungen.

a) Kohlensäurebestimmung nach *Hch. Wolpert*

$V + 2 = 46{,}75$ ccm
$V = 44{,}75$ ccm
$t = 20^0$
$b = 718$ mm.
$f = 0{,}88$ (Tab. I)

$V^* = 44{,}75 \times 0{,}88 = 39{,}38$ ccm.

$x = 0{,}80\,‰$ CO_2 (Diagr. I)
oder berechnet:
$x = 31{,}31 : 39{,}38 =$ ebenfalls $0{,}80\,‰$.

$\pm$ 0,5 ccm Abweichung in dem fraglichen, zur Neutralisation benöthigten Luftvolum (der Cylinder ist in **halbe** ccm graduirt),
verursacht eine Abweichung von $\mp$ 0,01 ‰ $CO_2 = 1{,}25$ Procent des Endresultats.
Hat man statt 39,38 ccm Luft, 39,38 $\pm$ 0,5 ccm,
so berechnet sich der CO_2-Gehalt statt 0,80‰ bezw. 0,79 und 0,81‰.

b) Kohlensäurebestimmung nach *Pettenkofer*

$V + 100 = 4575$ ccm
$V = 4475$ ccm
$t = 20^0$
$b = 718$ mm

$$V^* = V \times \left(\frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{b}{760}\right)$$
$\alpha = 0{,}00367$

$$V^* = \frac{4475 \times 718}{(1+0{,}00367 \times 20) \times 760}$$
$$= \frac{3213050}{1{,}0734 \times 760}$$
$$= \frac{3213050}{815{,}784}$$
$= 3938$ ccm.

Titer der Barytlösung:
1) vor der CO_2-Absorpt. $= 24{,}6$
2) nach „ „ „ $= 23{,}1$
$24{,}6 - 23{,}1 = 1{,}5$ ccm Diff.,
ebensovielen mg CO_2 entsprechend;
$4\,(24{,}6 - 23{,}1) = 6{,}0$ mg CO_2
$0{,}509\,[4\,(24{,}6 - 23{,}1)] = 3{,}054$ ccm CO_2
$x : 1000 = 3{,}054 : 3938$
$x = 3054 : 3938 = 0{,}78\,‰$ CO_2.

$\pm$ 0,1 ccm Abweichung in der fraglichen Differenz der Titer des Barytwassers vor und nach der CO_2-Absorption (die Bürette ist in **zehntel** ccm graduirt),
verursacht eine Abweichung von $\pm$ 0,05 ‰ $CO_2 = 6{,}25$ Procente des Endresultats.
Hat man statt 1,5 ccm Titerdifferenz, 1,5 $\pm$ 0,1 ccm,
so berechnet sich der CO_2-Gehalt statt 0,78‰ bezw. 0,83 und 0,72‰.

12. Scala des Reinheitsgrades der Zimmerluft.

Kohlensäure-Gehalt	Reinheitsgrad	Kohlensäure-Gehalt	Reinheitsgrad
unter 1‰	**Gesunde Zimmerluft**	**über 1‰**	**Ungesunde Zimmerluft**
unter 0,5‰	sehr rein	1 — 2‰	schlecht
0,5 — 0,7 „	rein	2 — 4 „	sehr schlecht
0,7 — 1 „	noch zulässig	über 4 „	äusserst schlecht

13. Atom- und Aequivalentgewichte einiger Elemente

von denen bei Kohlensäurebestimmungen Verbindungen gebraucht werden.

(Die Atomgewichte nach den revidirten Werthen v. *Loth. Meyer* und *K. Seubert*, Lpzg. 1883.)

Element		At.-Gew.	Aeq.-Gew.
Wasserstoff (Hydrogenium)	H	1	1
Baryum	Ba	136,86	68,43
Calcium	Ca	39,91	19,955
Kohlenstoff (Carboneum)	C	11,97	5,985
Natrium	Na	22,99	22,99
Sauerstoff (Oxygenium)	O	15,96	7,98
Phosphor (Phosphorus)	P	30,96	10,32

14. Molekular- und Aequivalentgewichte

einiger bei Kohlensäurebestimmungen gebrauchter Verbindungen.

Verbindung		Mol.-Gew.	Aeq.-Gew.
Natriumcarbonat kryst. (Soda)	$Na_2CO_3 + 10\,H_2O$	285,43	142,715
Natriumcarbonat siccum	Na_2CO_3	105,83	52,915
Natriumbicarbonat	$NaHCO_3$	83,84	83,84
Baryumhydrat	$Ba(OH)_2$	170,78	85,39
Calciumhydrat	$Ca(OH)_2$	73,83	36,915
Baryumcarbonat	$BaCO_3$	196,71	98,355
Calciumcarbonat	$CaCO_3$	99,76	49,88
Baryumoxalat	BaC_2O_4	224,64	112,32
Calciumoxalat	CaC_2O_4	127,69	63,845
Natriummonophenolphtalcinat	$C_{20}O_4H_{12}Na_2$	361,22	180,61
Baryumphenolphtaleinat	$C_{20}O_4H_{12}Ba$	452,10	226,05
Calciumphenolphtaleinat	$C_{20}O_4H_{12}Ca$	355,15	177,575
Kohlensäure	CO_2	43,89	21,945
Oxalsäure	$C_2O_4H_2$	89,78	44,89
Oxalsäure kryst.	$C_2O_4H_2 + 2\,H_2O$	125,70	62,85
Phenolphtalein	$C_{20}O_4H_{14}$	317,24	158,62
Wasser	H_2O	17,96	8,98
Trinatriumphosphat kryst.	$Na_3PO_4 + 12\,H_2O$	379,29	126,43
Trinatriumphosphat siccum	Na_3PO_4	163,77	54,59
Dinatriumphosphat kryst.	$Na_2HPO_4 + 12\,H_2O$	357,30	178,65
Dinatriumphosphat siccum	Na_2HPO_4	141,78	70,89
Phosphorsäure	H_3PO_4	97,80	32,60

15. Procent-Aequivalente

einiger Verbindungen gegenüber der Kohlensäure und der kryst. Soda.

100 Gew.-Th. Kohlensäure CO_2 = aequiv. 286,398 Gew.-Th. Oxalsäure kryst. $C_2O_4H_2 + 2\,H_2O$;

100 Gew.-Th. kryst. Soda $Na_2CO_3 + 10\,H_2O$ = aequiv. 37,08 Gew.-Th. Soda siccum Na_2CO_3,

= aequiv. 59,83 Gew.-Th. Baryumhydrat $Ba(OH)_2$,

= aequiv. 25,87 Gew.-Th. Calciumhydrat $Ca(OH)_2$,

= aequiv. 132,88 Gew.-Th. Trinatriumphosphat kryst. $Na_3PO_4 + 12\,H_2O$,

= aequiv. 57,38 Gew.-Th. Trinatriumphosphat sicc. Na_3PO_4.

16. PETTENKOFER'sche Methode.

Möglichkeiten bei unrichtiger Handhabung

für den Befund von

zu wenig CO_2	zu viel CO_2
Oxalsäure-Lösung zu stark (entweder mehr als 2,86398 gr für 1 l Wasser abgewogen; oder verwitterte Theile von der Verwendung nicht ausgeschlossen).	Oxalsäurelösung zu schwach (entweder weniger als 2,86398 gr für 1 l Wasser abgewogen; oder Zersetzung durch längeren Einfluss von Luft und Licht; vielleicht auch theilweise Neutralisation von der Flaschenwandung aus).
Verminderung des Luftvolums der Versuchsflasche, durch Adhäriren von Wasser oder Alcohol von verhältnissmässig niederem Kohlensäuregehalt.	Verminderung des Luftvolums der Versuchsflasche, durch Adhäriren von Wasser oder Alcohol von verhältnissmässig hohem Kohlensäuregehalt (besonders Alcohol kann viel absorbirte Kohlensäure enthalten).
	Compression der Flaschenluft durch Eindrücken des Propfen bis zur Aichmarke.
Bei der Titernahme des Barytwassers vor der CO_2-Absorption, mehr alcoholige Phenolphtaleinlösung zugesetzt (Aloohol absorbirt begierig Kohlensäure).	Bei der Titernahme des Barytwassers nach der CO_2-Absorption, mehr alcoholige Phenolphtaleinlösung zugesetzt (Alcohol absorbirt begierig Kohlensäure).
Bei der Titernahme des Barytwassers nach der CO_2-Absorption, letzter Tropfen Oxalsäure nicht mehr vollständig nöthig (1 Tropfen $= {}^1/_{15}$ bis ${}^1/_{20}$ ccm).	Bei der Titernahme des Barytwassers vor der CO_2-Absorption, letzter Tropfen Oxalsäure nicht mehr vollständig nöthig (1 Tropfen $= {}^1/_{15}$ bis ${}^1/_{20}$ ccm).
Verzögerte Titernahme des Barytwassers vor der CO_2-Absorption, namentlich in kohlensäurereicher Luft.	Verzögerte Titernahme des Barytwassers nach der CO_2-Absorption, namentlich in kohlensäurereicher Luft.
	Barytlösung nach der ersten Titernahme schwächer geworden; die an Stelle der Titerprobe in die Flasche tretende Luft verändert den Titer: daher Fehlerquelle, wenn nicht gleichzeitig auch Versuchsquantum (100 ccm) in Versuchsflasche überpipettirt.
Rechnung mit einem zu niederen Werthe für Temperatur und einem zu hohen für Barometerstand.	Rechnung mit einem zu hohen Werthe für Temperatur und einem zu niederen für Barometerstand.

Bemerkung. Die aufgezählten Momente sind theilweise ohne practische Bedeutung. Der Fehler z. B., welcher durch Compression der Flaschenluft infolge Eindrückens des Propfen entstehen könnte, ist so gut wie Null. Uebrigens besitzen die Möglichkeiten für den Befund von **zu viel CO_2** die grössere Bedeutung. Der bedeutendste Fehler, den man machen kann und durch welchen man den Kohlensäuregehalt zu hoch erhält, liegt in der Verwendung zersetzter Oxalsäurelösung. $(COOH)_2 + 2H_2O + O = 2CO_2 + 3H_2O$.

VII. THEIL.

DIAGRAMME.

Erläuterungen zu den Diagrammen.

Vorbemerkungen.

1) x = der gesuchte CO_2-Gehalt in Promille;
n = der gefundene Luftverbrauch in ccm.
Luftverbrauch, erstens nicht reducirt =
„Ccm-Zahl der Cylinderablesung minus Ccm-Zahl der Lösung“;
Luftverbrauch, zweitens approximativ reducirt =
„(Ccm-Zahl der Cylinderablesung minus Ccm-Zahl der Lösung)
minus $^1/_{10}$ des bleibenden Restes“;
Luftverbrauch, drittens exact reducirt =
„(Ccm-Zahl der Cylinderablesung minus Ccm-Zahl der Lösung)
mal **f** aus Tabelle 1 Seite 91“.

2) $^1/_1$-Lösung = $^1/_{50}$-procentige Lösung krystallisirter Soda (1 Kapsel auf 500 ccm Wasser); $^1/_2$-Lösung = $^1/_{100}$-proc. Lösung kryst. Soda; $^1/_3$-Lösung = $^1/_{150}$-proc. ebensolche Lösung. Statt beispielsweise 2 ccm $^1/_2$-Lösung lässt sich 1 ccm $^1/_1$-Lösung (mit Pipette genau abgemessen in der Seite 23 angedeuteten Weise), statt 10 ccm $^1/_1$-Lösung 2 ccm $^5/_1$-Lösung benutzen u. s. w. An Stelle der Sodalösung können aequivalente andere Lösungen Verwendung finden.

Diagramm I, der Kohlensäuregehalte 0,7‰ bis 4,0‰.

Neutralisation von **2** ccm $^1/_1$-Lösung durch n ccm Luft. Im Diagramm sind halbe Cubikcentimeter Luft (als Abscissen) und Zehntel Promille Kohlensäure (als Ordinaten) direct ablesbar. Die einzelnen Punkte, aus denen sich die Curve ergiebt, repräsentiren die von 0,7 bis 4,0‰ successive um ein Zehntel Promille ansteigenden Kohlensäuregehalte.

$$x = 31{,}30_{716} : n.$$

Diagramm II, der Kohlensäuregehalte 0,3‰ bis 0,7‰.

Neutralisation von 2 ccm $^1/_2$- oder 1 ccm $^1/_1$-Lösung durch n ccm Luft. Im Diagramm sind auf der horizontalen Scala halbe Cubikcentimeter Luft (als Abscissen), auf der verticalen Hundertstel Promille Kohlensäure (als Ordinaten) aufgetragen.

$$x = 15{,}65_{358} : n.$$

Diagramm III, der Kohlensäuregehalte 4‰ bis 10‰.

Neutralisation von **10** ccm $^1/_1$-Lösung durch n ccm Luft. Im Diagramm sind halbe Cubikcentimeter Luft (als Abscissen) auf der horizontalen Scala, und Zehntel Promille Kohlensäure (als Ordinaten) auf der verticalen Scala aufgetragen.

$$x = 156{,}53_{580} : n.$$

Diagramm IV, der Kohlensäuregehalte

während der II. Allgemeinen Sitzung des **X. Internationalen Medicinischen Congresses** zu Berlin, Mittwoch den 6. August 1890. Theilnehmer an der Sitzung ungefähr 6000 (schätzungsweise).

In der Curve findet sich ausgeprägt, wie von Beginn des zweiten, übrigens in deutscher Sprache gehaltenen und überaus interessanten schulhygienischen Vortrags AXEL-KEY's ab, sich die Reihen der Zuhörer wegen der schwülen und kohlensäurereichen Binnenluft allmählich lichten; es bildete mir das einen neuen Beweis für die Richtigkeit der PETTENKOFER'schen Kohlensäure-Norm.

Diagramm V, gewöhnlich zu benutzendes Diagramm.

Neutralisation von 2 ccm $^1/_1$-Lösung durch n ccm Luft bei (n + 2) ccm Cylinder-Ablesung. Für $^0/_{00}$ Kohlensäure-Gehalte, welche verschiedenen Cylinder-Ablesungen (ccm) entsprechen.

Beispiel. 46 ccm = 0,7 $^0/_{00}$. —

$x = 31{,}30_{716} : n.$

In diesem sowie den folgenden Diagrammen haben die ganz kleinen Zahlen der (horizontalen) Kohlensäure-Scala nur die Bedeutung von Hülfszahlen und wollen nicht ohne Ueberlegung benutzt sein; es ist aber z. B. für ₂₂ in Diagramm V erstens aus der Stellung zwischen 2,0 $^0/_{00}$ und 2,5 $^0/_{00}$ und zweitens aus der Theilung des Zwischenraumes in fünf gleiche Theile, die Bedeutung (2,2 $^0/_{00}$) leicht ersichtlich.

Diagramm VI, erste Ergänzung zu V.

Die Kohlensäure-Scala in zehnfach grösserem Maassstabe als in Diagramm V.

Beispiel. 46 ccm = 0,71 $^0/_{00}$. —

$x = 31{,}30_{710} : n.$

Diagramm VII, zweite Ergänzung zu V.

Die Kohlensäure-Scala in hundertfach grösserem Maassstabe als in Diagramm V (hat kein practisches Interesse).

Beispiel. 46 ccm = 0,712 $^0/_{00}$. —

$x = 31{,}30_{710} : n.$

Diagramm VIII, ausschliesslich zur Benutzung in voraussichtlich guter Zimmerluft.

Neutralisation von 2 ccm $^1/_2$-Lösung durch n ccm Luft bei (n + 2) ccm Cylinder-Ablesung. Für $^0/_{00}$ Kohlensäure-Gehalte, welche verschiedenen Cylinder-Ablesungen (ccm) entsprechen.

$x = 15{,}05_{358} : n.$

Diagramm IX, ausschliesslich zur Benutzung in vorzüglicher Zimmerluft (Krankenzimmer) und besonders der Luft im Freien.

Neutralisation von 2 ccm $^1/_3$-Lösung durch n ccm Luft bei (n + 2) ccm Cylinder-Ablesung. Für $^0/_{00}$ Kohlensäure-Gehalte, welche verschiedenen Cylinder-Ablesungen (ccm) entsprechen.

$x = 10{,}43_{572} : n.$

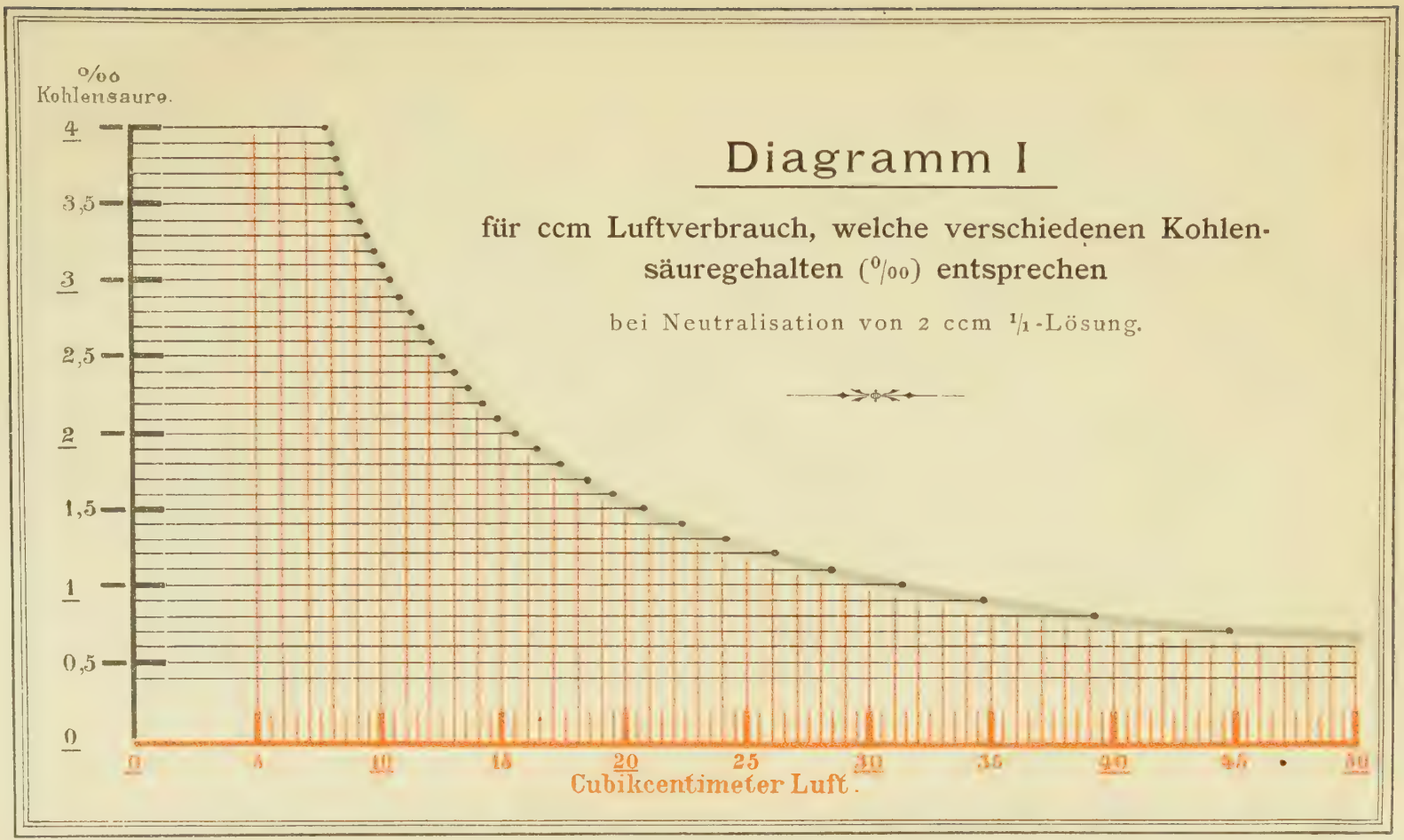


Diagramm I

für ccm Luftverbrauch, welche verschiedenen Kohlensäuregehalten (‰) entsprechen

bei Neutralisation von 2 ccm $^1/_1$-Lösung.

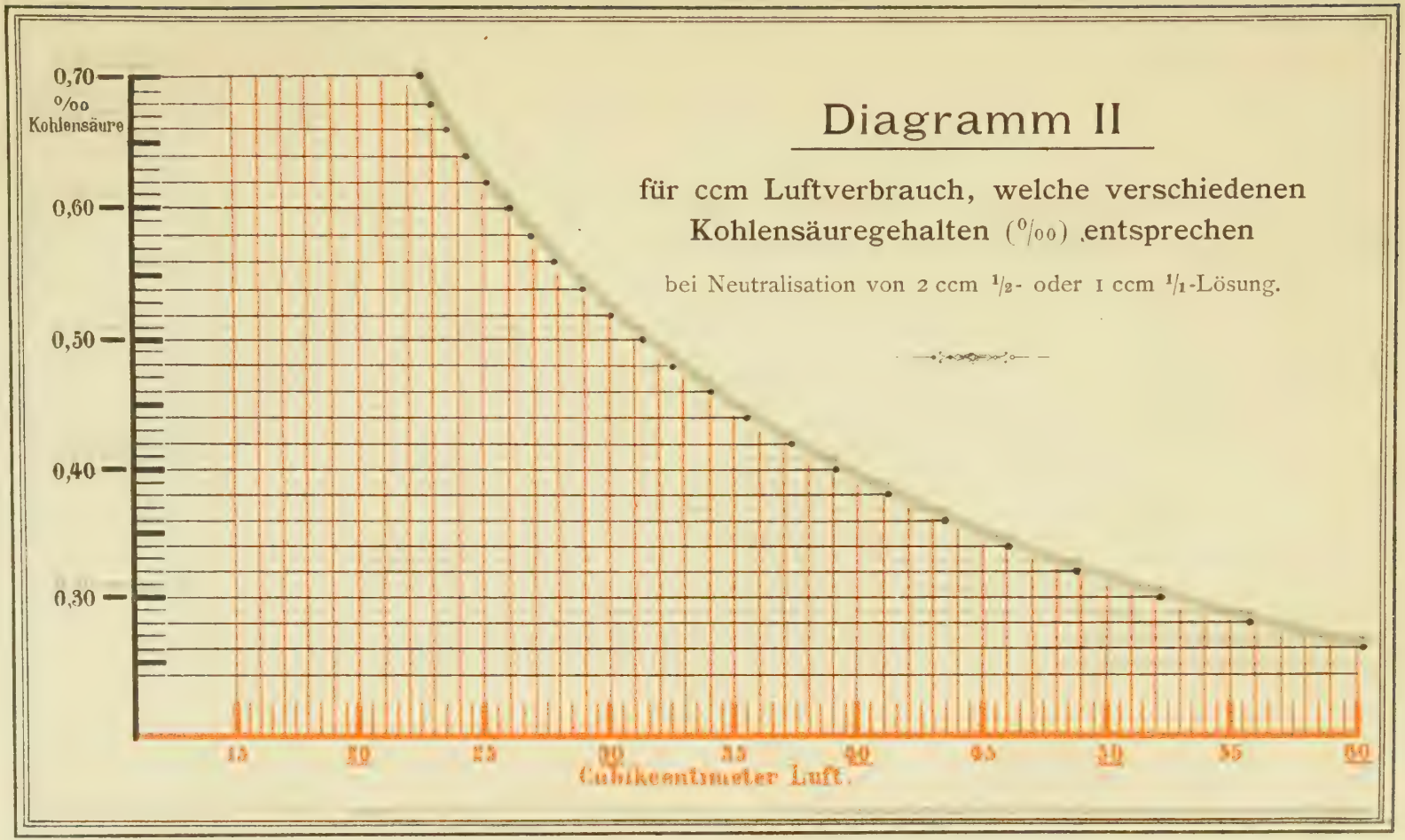


Diagramm II

für ccm Luftverbrauch, welche verschiedenen Kohlensäuregehalten (‰) entsprechen

bei Neutralisation von 2 ccm $^1/_2$- oder 1 ccm $^1/_1$-Lösung.

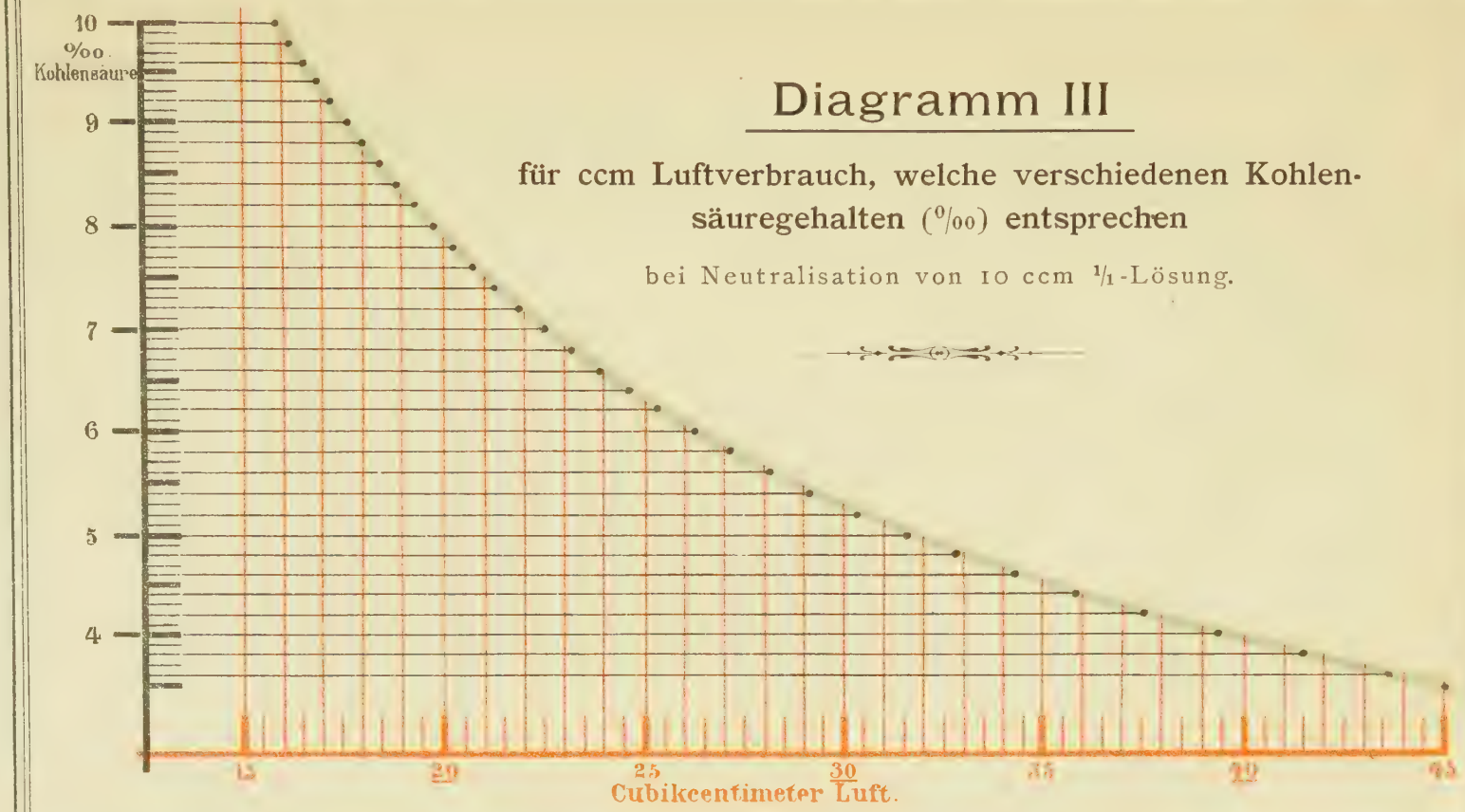


Diagramm III

für ccm Luftverbrauch, welche verschiedenen Kohlensäuregehalten (‰) entsprechen

bei Neutralisation von 10 ccm 1/1-Lösung.

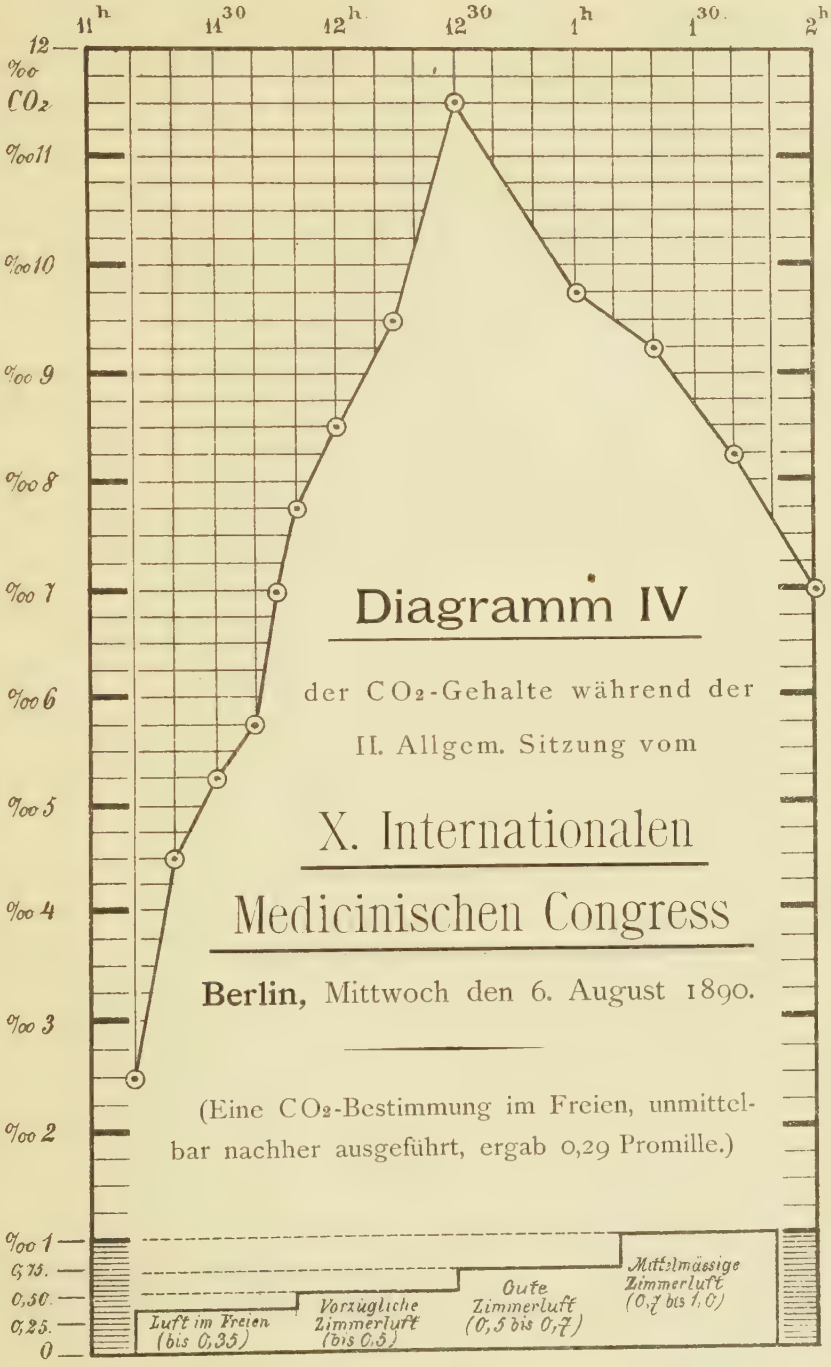


Diagramm IV

der CO_2-Gehalte während der

II. Allgem. Sitzung vom

X. Internationalen Medicinischen Congress

Berlin, Mittwoch den 6. August 1890.

(Eine CO_2-Bestimmung im Freien, unmittelbar nachher ausgeführt, ergab 0,29 Promille.)

D

gewöhnlich

für ‰ Kohlensäuregehalte, welche

bei Neu

1) **Beispiel.** Fü
unreducirte CO_2-Gehalt
mit 0,7‰ (es ist über
CO_2-Gehalt hinweisen,
auf dem Cylinder 0,7 u.

Temperat
muss man in Wohn
ablesung von 18 cc

2)
unreducirter

Für 0,2 — 0,6‰
0,4 — 0,8 „
0,6 — 1,0 „ etc.
dienen analoge **besondere**
Diagramme.

0‰ 0,5‰ 1,0‰ 1,5‰

gramm V

benutzendes Diagramm

schiedenen Cylinderablesungen (ccm) entsprechen

ion von 2 ccm $^1/_1$-Lösung.

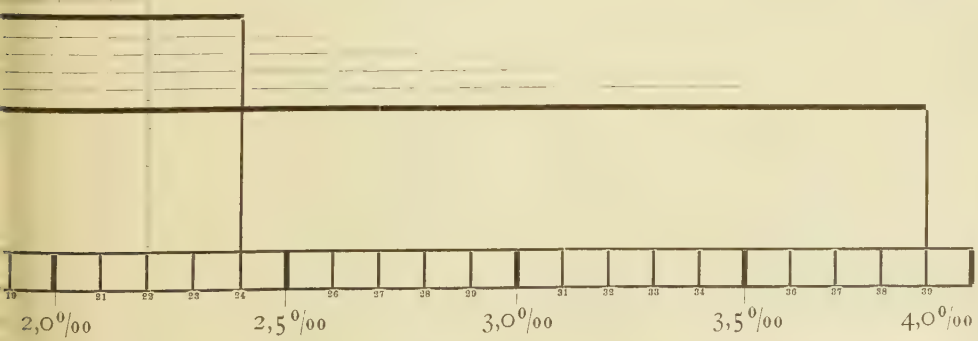
Cylinderablesung von 16 ccm, worauf der Kolben eingestellt, wäre der 2 ‰ abzulesen; für die Cylinderablesungen 50, 49, 48, 47, 46, 45, 44 ccm theilhaft, wenn verschiedene Cylinderablesungen auf rund den gleichen ergleiche übrigens die beiden Ergänzungs-Diagramme). Die CO_2-Marken eichnen die Ablesungen 0,700 ‰ u. s. f.

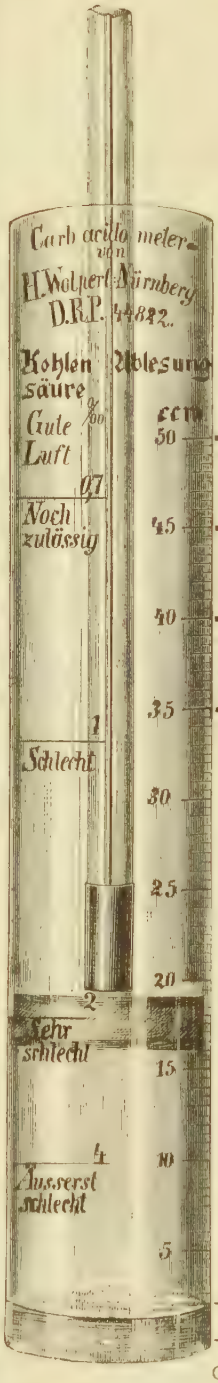
Barometerstand: Bei nicht besonderer Berücksichtigung dieser Factoren zu dem aufgesuchten CO_2-Gehalt $^1/_{10}$ addiren, also z. B. für die Cylinder- CO_2-Gehalt entnehmen 2,0 + 0,2 = 2,2 ‰.

CO_2-Gehalte. Dafür stärkere Lösung. Einstellung 16 ccm bedeutet Gehalt 2,2 ‰ bei $^1/_1$-Lösung (2 ccm), aber z. B.

$^2/_1$-Lösung (2 ccm)	2 × 2,2 ‰	= 4,4	Promillle
$^3/_1$- „ „	3 × „ „	= 6,6	„
$^4/_1$- „ „	4 × „ „	= 8,8	„
$^{10}/_1$- „ „	10 × „ „	= 2,2	Procent
$^{20}/_1$- „ „	20 × „ „	= 4,4	„

(An Stelle von 2 ccm der stärkeren Lösung kann auch bis 10 und eventuell mehr ccm $^1/_1$-Lösung Verwendung finden.)





D

erste Er

für ‰ Kohlensäuregehalte, welche

bei Neu

(Die Kohlensäure-Scala in

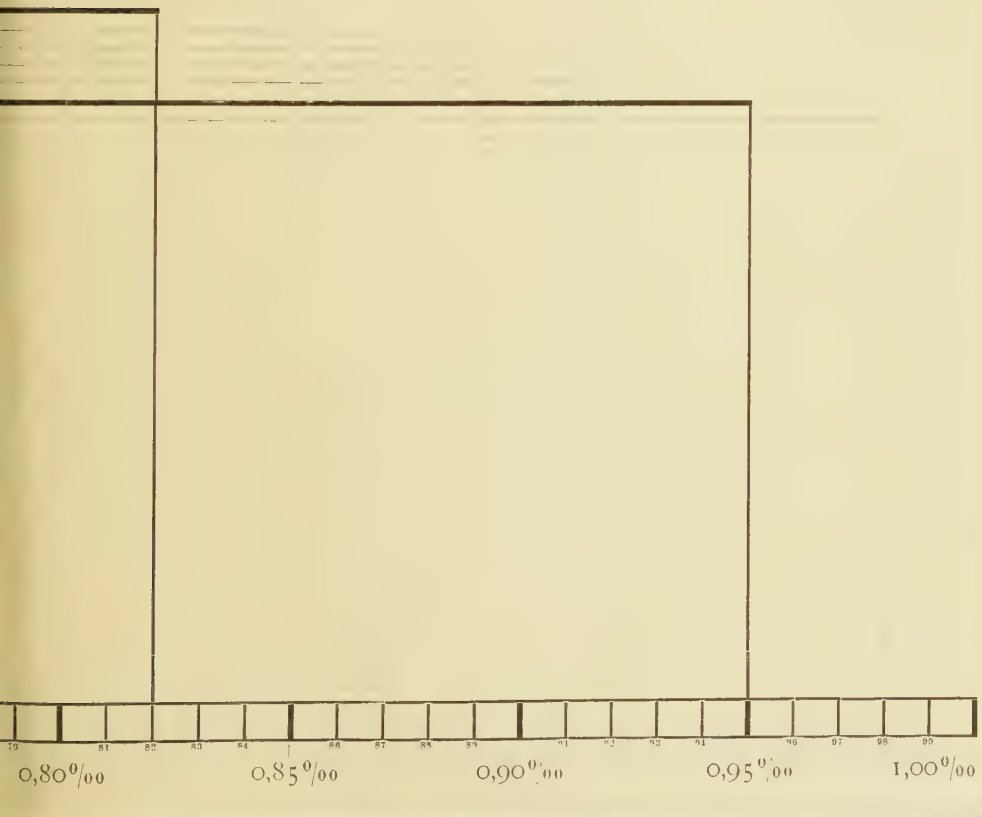
gramm VI

ung zu Diagramm V

schiedenen Cylinderablesungen (ccm) entsprechen

ion von 2 ccm $^1/_1$-**Lösung.**

ch grösserem Maassstabe als in Diagramm V.)



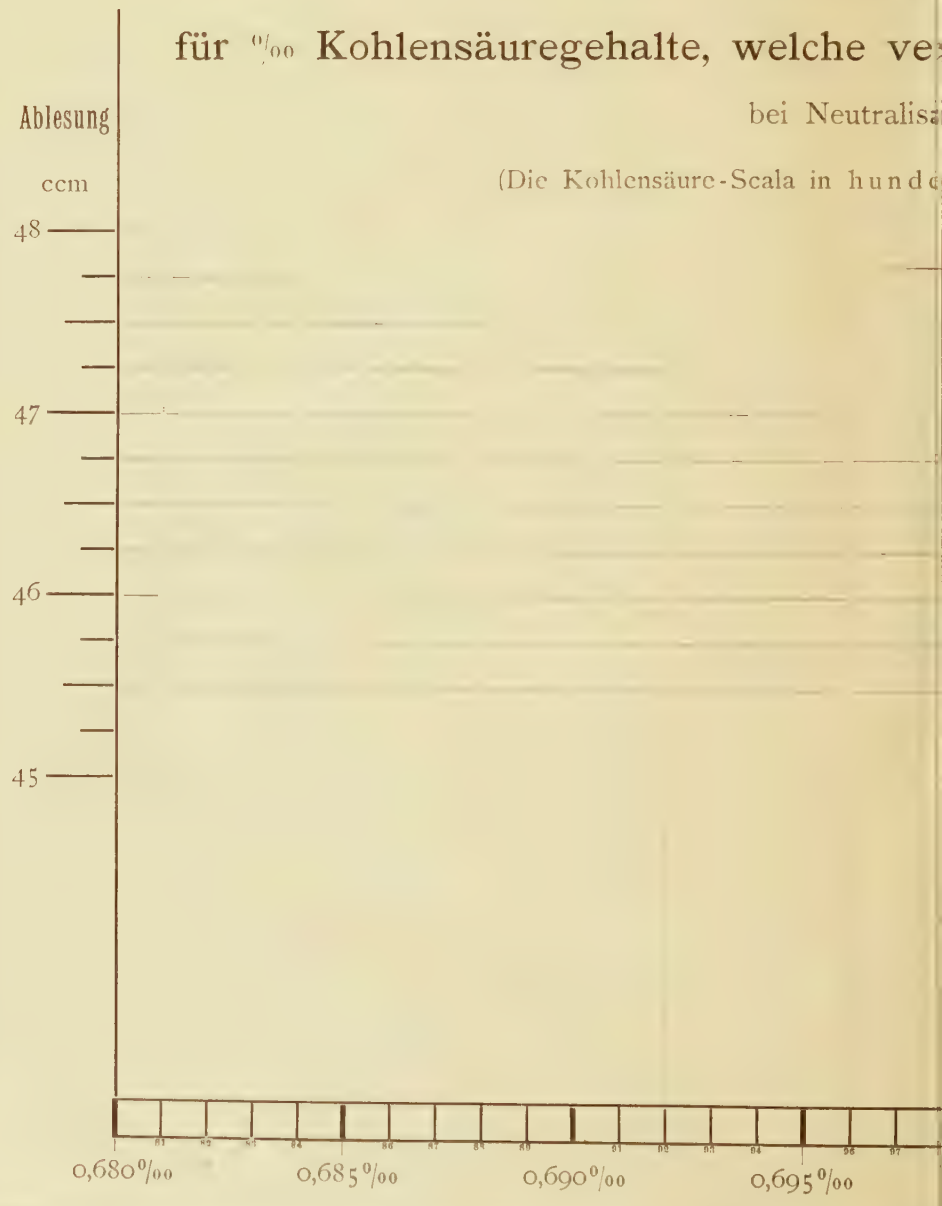
Dia

zweite Ergä

für ‰ Kohlensäuregehalte, welche ve

bei Neutralisa

(Die Kohlensäure-Scala in hund



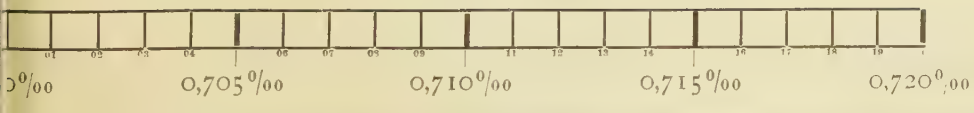
amm VII

ng zu Diagramm V

iedenen Cylinderablesungen (ccm) entsprechen

von 2 ccm $^1/_1$-Lösung.

h grösserem Maassstabe als in Diagramm V.)

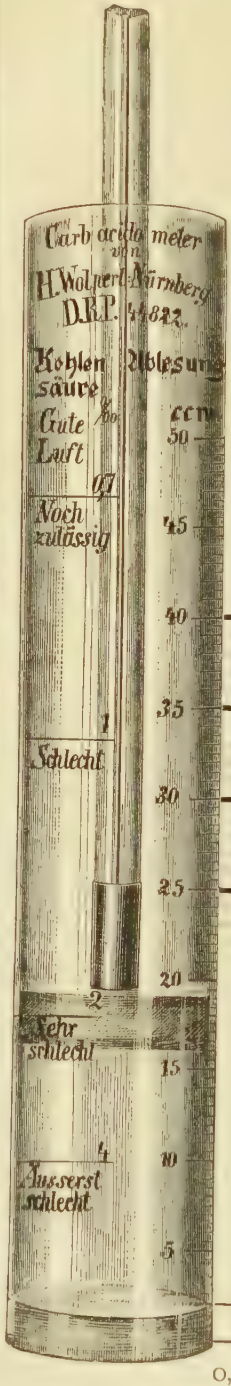


Di

ausschliesslich

für ‰ Kohlensäuregehalte, welche

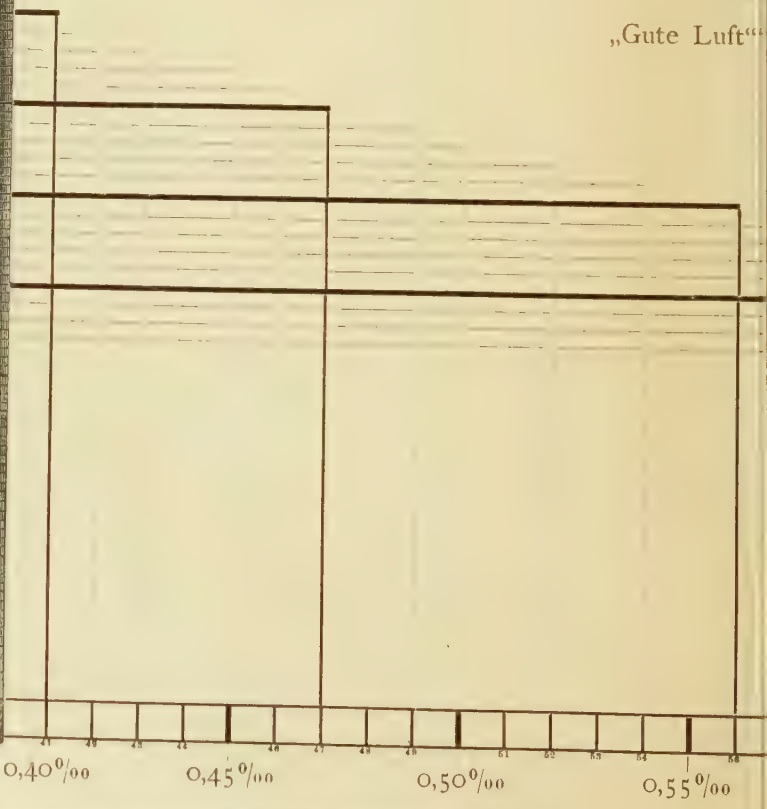
bei Neutr



Beispiel. Cylinderablesung 28 ccm = 0,60‰ unredu

Die

„Gute Luft“



ramm VIII

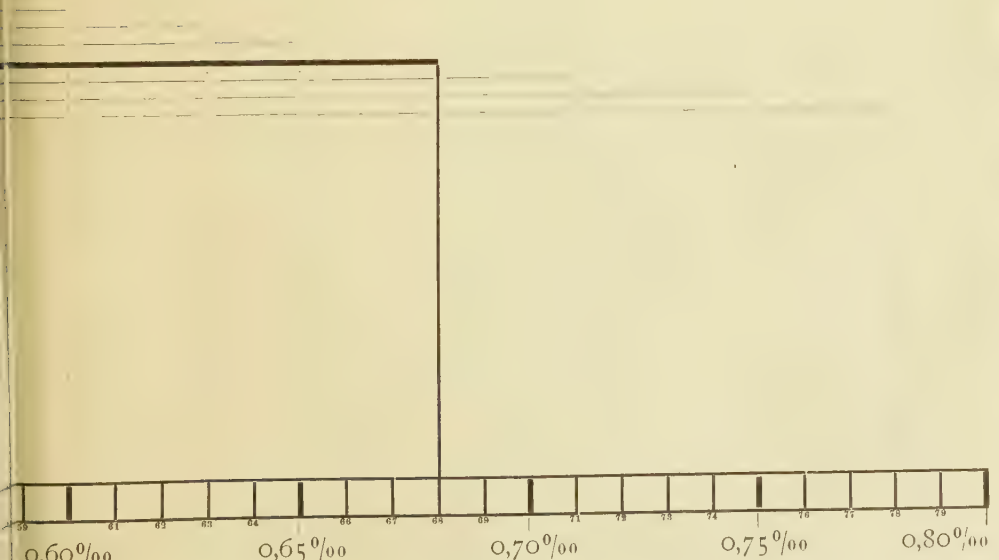
Benutzung in guter Zimmerluft

schiedenen Cylinderablesungen (ccm) entsprechen

ion von 2 ccm $^1/_2$-**Lösung.**

0,66‰ approximativ reducirt (vgl. Diagr. V); 28½ ccm = 0,59 bzw. 0,65‰.

n Cylinder aufgravirten CO_2- und Luftreinheits-Marken (0,7 u. s. f. und sind für 2 ccm $^1/_1$-Lösung berechnet.

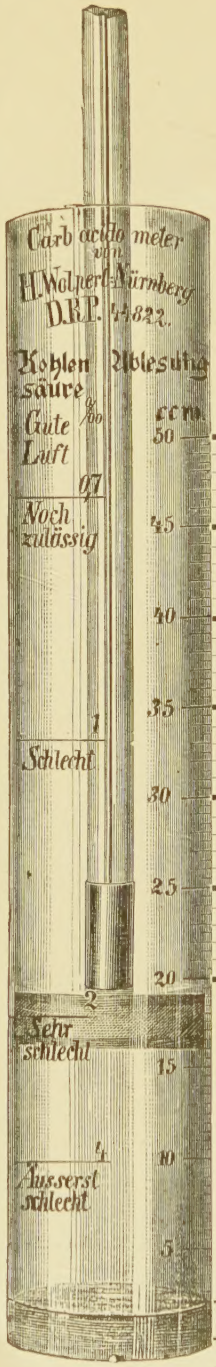


Di

ausschliesslich zur Benutzung in vorzüglich

für ‰ Kohlensäuregehalte, welche

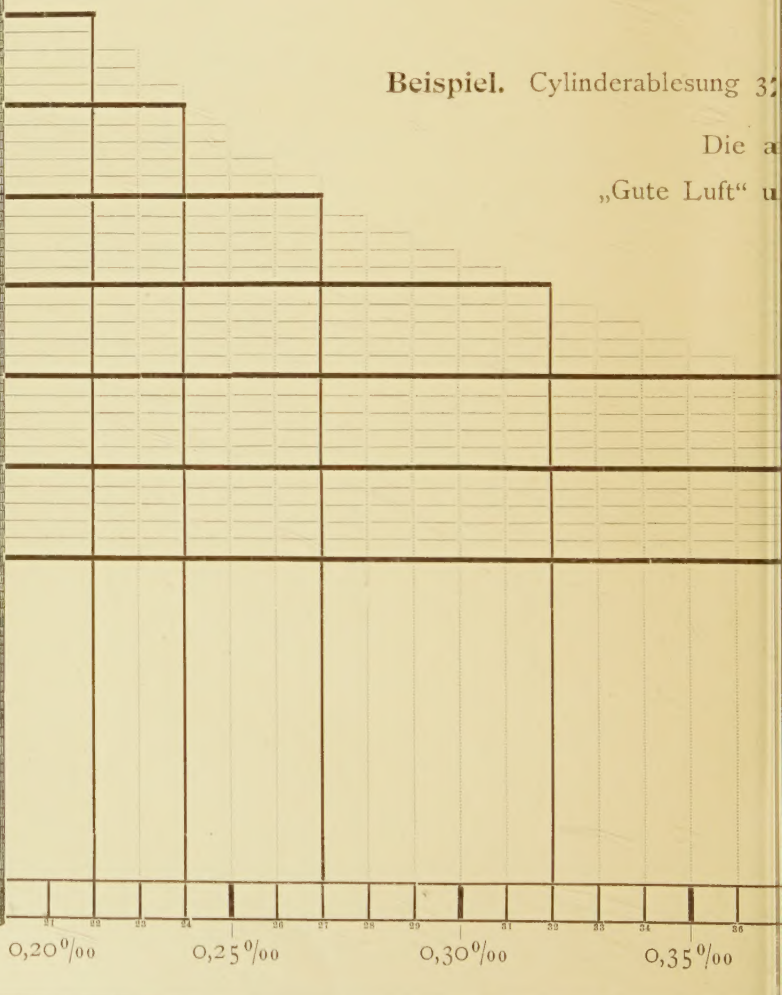
bei Neutral



Beispiel. Cylinderablesung 3

Die a

„Gute Luft“ u

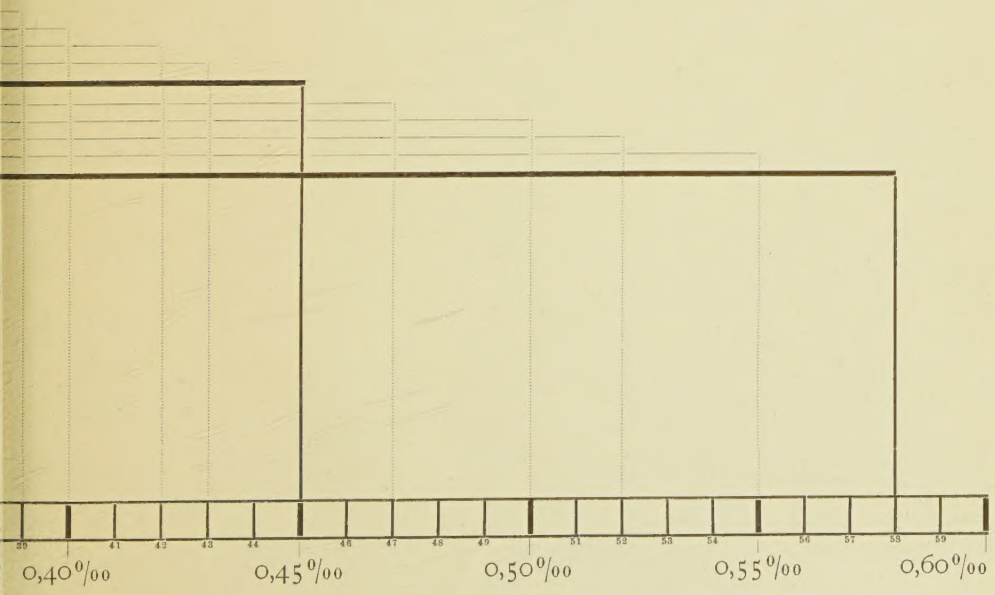


ramm IX

mmerluft (Krankenzimmer) und besonders der Luft im Freien

schiedenen Cylinderablesungen (ccm) entsprechen

on von 2 ccm $^1/_3$-**Lösung.**

= 0,30‰ unreducirt, = 0,33‰ approximativ reducirt (vgl. Diagr. IV).

n Cylinder aufgravirten CO_2- und Luftreinheits-Marken (0,7 u. s. f. und sind für 2 ccm $^1/_1$-Lösung berechnet.